

**TUGAS AKHIR - TL 141584**

**PROSES MANUFAKTUR KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT  
BAMBU BETUNG (*DENDROCALAMUS ASPER*) DAN  
Matriks *UNSATURATED POLYESTER* DENGAN  
METODE *HAND LAY-UP* UNTUK APLIKASI OTOMOTIF**

Aji Pambudi.  
NRP. 2713100069

Dosen Pembimbing  
Ir. Moh. Farid, DEA  
Haniffudin Nurdiansah, S.T, M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



**TUGAS AKHIR - TL 141584**

**PROSES MANUFAKTUR KOMPOSIT  
BERPENGUAT SERAT BAMBU BETUNG  
(*DENDROCALAMUS ASPER*) DAN MATRIKS  
*UNSATURATED POLYESTER* DENGAN  
METODE *HAND LAY-UP* UNTUK APLIKASI  
OTOMOTIF**

Aji Pambudi  
NRP. 2713 100 069

Dosen Pembimbing  
Ir. Moh. Farid, DEA  
Haniffudin Nurdiansah, S.T, M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2017

*(Halaman ini Sengaja Dikosongkan)*



FINAL PROJECT - TL 141584

**MANUFACTURING PROCESS OF COMPOSITES  
WITH *DENDROCALAMUS ASPER* AS A FILLER  
AND MATRIX UNSATURATED POLYESTER  
WITH HAND LAY-UP METHOD FOR  
AUTOMOTIVE APPLICATION**

Aji Pambudi  
NRP. 2713 100 069

Advisor  
Ir. Moh. Farid, DEA  
Haniffudin Nurdiansah, S.T, M.T.

Materials Engineering Departement  
Fakulty of Industrial Technology  
Sepuluh Nopember Institut of Technology  
Surabaya  
2017

*(This Page left intentionally blank)*

**PROSES MANUFAKTUR KOMPOSIT BERPENGUAT  
SERAT BAMBU BETUNG (*DENDROCALAMUS ASPER*)  
DAN MATRIKS *UNSATURATED POLYESTER* DENGAN  
METODE *HAND LAY-UP* UNTUK APLIKASI OTOMOTIF**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi Material Inovatif  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Material  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**Aji Pambudi**

NRP. 2713 100 069

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

Ir. Moh. Farid, DEA ..... (Pembimbing 1)

Haniffudin Nurdiansah, S.T, M.T. .... (Pembimbing 2)



*(Halaman ini sengaja Dikosongkan)*

**Proses Manufaktur Komposit Berpenguat Serat Bambu  
Betung (*Dendrocalamus Asper*) dan Matriks *Unsaturated  
Polyester* untuk Aplikasi Otomotif**

**Nama** : Aji Pambudi  
**NRP** : 2713 100 069  
**Jurusan** : Teknik Material  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Moh Farid, DEA  
Haniffudin Nurdiansah, S.T., M.T.

**ABSTRAK**

*Kebisingan dapat mempengaruhi kenyamanan saat berkendara. pembuatan interior penumpang haruslah menggunakan material yang dapat mengabsorpsi suara. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh pembahan serat bambu betung 5, 10, dan 15% pada material komposit unsaturated polyester untuk penyerapan suara pada bagian mesin kendaraan. Permasalahan yang dikaji untuk mengetahui nilai koefisien absorpsi suara, sifat fisik, sifat mekanik dan ketahanan termal serta proses manufaktur. Komposisi fraksi massa serat yang digunakan adalah 5%, 10%, 15%. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian FTIR, absorbs suara, SEM, densitas, Flexural, dengan tujuan untuk mendapatkan nilai koefisien absorpsi suara terbaik serta sifat fisik dan pembuatan prototype. Metode yang digunakan berdasarkan standard ASTM E 1050 untuk pengujian absorpsi suara. Dari hasil pengujian didapatkan nilai koefisien absorpsi suara tertinggi 0.502 pada frekuensi 4000 Hz. Nilai tertinggi didapatkan pada komposit dengan presentase 15% serat bambu betung dan 85% unsaturated polyester.*

***kata kunci : Sound Absorption Material, Interior, Serat Bambu Betung, Polyester, Sifat fisik, Proses Manufaktur***



*(Halaman ini Sengaja Dikosongkan)*

# **Manufacturing Process of Composites with Dendrocalamus Asper as a filler and Matrix Unsaturated Polyester with Hand Lay-up Method for automotive Application**

**Name** : Aji Pambudi  
**NRP** : 2713 100 069  
**Department** : Teknik Material  
**Advisor** : Ir. Moh. Farid, DEA  
Haniffudin Nurdiansah, S.T., M.T.

## **ABSTRACT**

*Noise can affect the comfort in driving. Therefore, the interior should be made by sound absorption materials. Objective of this research was to analyze betung's bamboo fibre reinforced polyester composite for sound absorption used in the machine part of the vehicle. The problem was to find out the composite morphology, value of sound absorption coefficient, flexural strength, thermal stability and manufacturing process. by comparing variation of composition reinforcement and matrix. The composition of the mass fraction of the reinforcement used were 5%, 10%, and 15%. The goal was to find out the best sound absorption coefficient value, good physical and the prototype. The methods were based on ASTM E1050 for sound coefficient absorption test.. From the results was obtained the sound absorption coefficient, flexural strength, and density were, 0.502 at 4000 Hz frequency, The highest value was obtained on composite with percentage of 15% Dendrocalamus Asper Fiber and 85% Unsaturated Polyester.*

***keywords : Sound Absorption Materials, Interior, Betung's Bamboo Fibre, Polyester, Physical Properties, Manufacturing process***

*(This Page left intentionally blank)*

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur atas berkat rahmat Tuhan Yang Maha Esa sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Proses Manufaktur Komposit Berpenguat Serat Bambu Betung (*Dendrocalamus Asper*) dan Matriks Unsaturated Polyester dengan Metode Hand Lay-Up untuk Aplikasi Otomotif”** sebagai salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik (S.T)

Pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis Bapak Rutin Sugiyo dan Ibu Nurbaity yang selalu memberikan dukungan moril dan materiil yang sangat berguna dalam keberhasilan penulis
2. Bapak Ir. Moh. Farid, DEA selaku dosen pembimbing 1 Tugas Akhir, yang telah memberikan arahan, bimbingan dan motivasi kepada penulis
3. Bapak Haniffudin Nurdiansah S.T. M.T selaku dosen pembimbing 2 yang dengan sabar mau memberikan bimbingan, saran dan evaluasi selama proses pengerjaan tugas akhir ini
4. Bapak Dr. Agung Purniawan, ST, M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI – ITS
5. Ibu Amaliya Rasyida, S.T., M.Sc selaku dosen wali penulis
6. Seluruh dosen dan karyawan Departemen Teknik Material yang telah banyak membantu selama proses pengerjaan tugas akhir ini
7. Teman teman Angkatan 2013(MT15) yang selalu ada disaat senang dan sedih selama masa perkuliahan.
8. Teman – teman Monster Family yang menjadi tempat keluh kesah penulis selama menjalani proses perkuliahan.
9. Rachmadhani Dian Pratama yang merupakan supporting system terbaik selama 3 tahun terakhir.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan ini masih jauh dari kesempurnaan, dikarenakan keterbatasan kemampuan penulis dalam penyusunan laporan ini. Untuk itu, saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan untuk menjadi evaluasi selanjutnya.

Demikian penulis berharap semoga laporan ini dapat memberikan ilmu yang dapat diambil manfaat yang sebesar-besarnya bagi kemajuan teknologi khususnya dibidang material inovatif.

Surabaya, Juli 2017  
Penulis

Aji Pambudi  
2713100069

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL.....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan .....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Komposit.....	5
2.2 Komposit Serat.....	5
2.3 Komposit Partikel.....	7
2.4 Serat.....	9
2.5 Serat Alam.....	9
2.6 Serat Bambu.....	12
2.7 Alkalisasi.....	15
2.8 Matriks.....	16
2.9 Polyester.....	16
2.10 Mekanisme <i>Curing</i> .....	18
2.11 Hukum Pencampuran.....	19
2.12 Material Akustik.....	20
2.13 Material Penyerap.....	21
2.14 Aplikasi Komposit.....	25
2.15 Penelitian Sebelumnya.....	26
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	29

3.1.1 Diagram Alir Pembuatan Filler Mikro Selulosa.....	30
3.1.2 Diagram Alir Pembuatan <i>Prototype</i> .....	31
3.2 Bahan dan Peralatan Penelitian.....	32
3.2.1 Bahan Penelitian.....	32
3.2.2 Peralatan Penelitian.....	34
3.3 Variabel Penelitian.....	38
3.4 Rancangan Penelitian.....	38
3.5 Metode Penelitian.....	39
3.5.1 Persiapan Bahan.....	39
3.5.1.1 Pengolahan Serat Bambu.....	39
3.5.1.2 Pembuatan <i>Prototype</i> .....	40
3.5.1.3 Pembuatan Cetakan.....	42
3.5.1.4 Pembuatan Komposit.....	42
3.5.2 Proses Pengujian.....	43
3.5.2.1 Pengujian Koefisien Penyerapan Suara.....	43
3.5.2.2 Pengujian Kelenturan.....	45
3.5.2.3 Pengujian SEM.....	46
3.5.2.4 Pengujian TGA.....	47
3.5.2.5 Pengujian Densitas.....	48
<b>BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR).....	49
4.2 Analisa Morfologi.....	55
4.3 Analisa Koefisien Absorpsi Suara.....	58
4.4 Analisis Kekuatan Lentur.....	60
4.5 Uji Densitas.....	62
4.6 Analisis Hasil Pengujian TGA.....	64
4.7 Analisis Visual Hasil <i>Prototype</i> .....	66
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan.....	71
5.2 Saran.....	71
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>...xix</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>...xxi</b>
<b>BIOGRAFI PENULIS.....</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Fibrous Composite</i> .....	5
Gambar 2.2 Komposit Partikel.....	8
Gambar 2.3 Komposit dengan penguat serat pendek atau pengisi serat natural .....	8
Gambar 2.4 Struktur kimia lignin dan selulosa.....	14
Gambar 2.5 Kurva Zona Frekuensi Material Penyerap Berpori.....	20
Gambar 2.6 Zona Frekuensi Penyerap Resonant.....	20
Gambar 2.7 Zona Frekuensi Tipe Helmlotz.....	21
Gambar 2.8 Zona Frekuensi Tipe <i>Wideband</i> .....	22
Gambar 2.9 Gambar <i>box</i> mesin pada panser anoa.....	23
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	29
Gambar 3.2 Diagram Alir Pembuatan Filler Mikro Selulosa.....	30
Gambar 3.3 Pembuatan <i>Prototype</i> .....	31
Gambar 3.4 Serat Bambu.....	32
Gambar 3.5 Poliester.....	32
Gambar 3.6 <i>MEKPO</i> .....	32
Gambar 3.7 NaOH 1M.....	33
Gambar 3.8 Aquades.....	33
Gambar 3.9 Cetakan uji.....	34
Gambar 3.10 Timbangan Digital.....	34
Gambar 3.11 Oven.....	35
Gambar 3.12 Mesin Pencacah Organik.....	36
Gambar 3.13 Mesin Sieving.....	36
Gambar 3.14 Mesin Uji Absorpsi Suara.....	36
Gambar 3.15 Mesin Scanning Electron Microscope.....	37
Gambar 3.16 Mesin Uji Lentur.....	37
Gambar 3.17 Mesin Uji FTIR.....	38
Gambar 3.18 Rangkaian alat uji absorpsi suara.....	43
Gambar 3.19 Dimensi Spesimen Uji Absorpsi Suara.....	44
Gambar 3.20 Spesimen uji absorpsi suara komposit B-%UPR di beberapa variasi komposisi.....	45
Gambar 3.21 Alat uji kelenturan.....	45
Gambar 3.22 Spesimen uji Flexural.....	46



Gambar 3.23 Dimensi spesimen Uji Morfologi.....	47
Gambar 3.24 Dimensi spesimen TGA.....	48
Gambar 4.1 Hasil Uji FTIR Serat Bambu <i>Washed</i> dan Alkalisasi.....	50
Gambar 4.2 Hasil Uji FTIR <i>Unsaturated Polyester Resin</i> .....	51
Gambar 4.3 Pengaruh Penambahan <i>filler</i> terhadap Hasil Uji FTIR Komposit.....	53
Gambar 4.4 Hasil SEM Serat Bambu (a) <i>washed</i> , (b) alkalisasi.....	55
Gambar 4.5 Pengaruh Penambahan Filler terhadap Morfologi Hasil SEM Komposit (a) 100 % UPR, (b) UPR + 5% B, (c) UPR + 10% B, (d) UPR + 15% B.....	56
Gambar 4.6 Grafik Hasil Uji Absorpsi Suara.....	58
Gambar 4.7 Grafik kekuatan lentur pada material komposit B-%UPR.....	60
Gambar 4.8 Pengaruh Penambahan Filler terhadap nilai densitas komposit.....	62
Gambar 4.9 Grafik Hasil Pengujian TGA.....	64
Gambar 4.10 Hasil pembuatan prototype.....	65
Gambar 4.11 Cacat yang terjadi selama pembuatan. (a) <i>void</i> , (b) <i>Fiber Out</i> .....	66

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi Kimia dari Beberapa Serat Alam.....	10
Tabel 2.2 Sifat Mekanik dari Beberapa Serat Alam.....	11
Tabel 2.3 Sifat Mekanik Bambu.....	13
Tabel 2.4 Nilai sifat mekanik <i>polyester</i> .....	16
Tabel 2.5 Koefisien Absorpsi dari Material Akustik.....	18
Tabel 2.6 Penelitian Sebelumnya.....	23
Tabel 3.1 Rancangan Penelitian.....	38
Tabel 4.1 Daerah Serapan IR Serat Bambu.....	49
Tabel 4.2 Daerah Serapan IR <i>Unsaturated Polyester Resin</i> .....	51
Tabel 4.3 Daerah Serapan Infra Merah Komposit UPR + Serat Bambu.....	53
Tabel 4.4 Hasil pengujian koefisien absorpsi suara material komposit UPR/B.....	57
Tabel 4.5 Data pengujian Lentur Komposit B-UPR.....	59
Tabel 4.6 Data Hasil Uji Densitas UPR/B.....	61
Tabel 4.7 Nilai % Porositas.....	62
Tabel 4.8 Temperatur awal dekomposisi ( $T_5$ ) dan Temperature maksimum hilangnya massa ( $T_{Max}$ ).....	63

*(Halaman ini Sengaja Dikosongkan)*

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Di zaman yang semakin maju ini, dengan semakin meningkatnya produksi kendaraan bermotor, terutama kendaraan yang menggunakan mesin diesel akan mempengaruhi aktivitas yang dilakukan manusia. Seperti polusi, kebisingan akibat suara mesin dan knalpot, dan sebagainya. Yang utama yaitu adalah kebisingan, kebisingan ini merupakan polusi yang akan mengganggu pendengaran seseorang, dan juga akan mengakibatkan manusia bisa mengalami stress. (Lee, 2003)

Pencarian bahan pengganti sebagai material penyerap suara kini semakin maju. Pemenuhan kebutuhan akan bahan dengan karakteristik tertentu juga menjadi faktor pendorongnya. Berbagai macam bahan telah digunakan dan penelitian lebih lanjut terus dilakukan untuk mendapatkan bahan yang tepat guna, salah satunya adalah bahan komposit.

Beberapa teknologi sudah dilakukan terutama untuk mengurangi kebisingan tersebut. Contohnya, di dalam interior penumpang. Tentunya untuk pembuatan interior kabin ini menggunakan bahan yang dapat mengabsorbsi suara. Sebagian besar manusia hanya mengetahui bahan untuk absorbsi suara tersebut berasal dari bahan kimia, tetapi dalam penelitian bahan untuk membuat interior sebuah kendaraan ini bisa berasal dari komposit serat alam yang ramah lingkungan. Ada beberapa metode yang digunakan untuk membuat komposit serat alam tersebut. Menggunakan metode *hand lay-up*, *blending*, dan untuk skala besar atau skala industri menggunakan *sheet molding compound*. Untuk metode *hand lay-up* menyusun komponen material komposit per layer dan diletakkan pada cetakan (Parikh, 2006).

Saat ini telah banyak komposit untuk *sound absorption* material yang dibuat dari serat sintetis. Namun selain harganya yang relatif mahal, serat sintesis juga mempunyai kelemahan yaitu sulit terdegradasi serta tidak dapat diperbaharui. Sementara *biodegradability* dan *low cost* sangat dibutuhkan didunia penelitian



(Demir, 2006). Oleh karena itu , penelitian mengenai komposit diarahkan kepada komposit serat alam sebagai alternatif yang sangat menjanjikan untuk mengganti komposit serat gelas. Komposit ini telah banyak digunakan di deck kapal, mobil dan infrastruktur. Dibandingkan dengan serat gelas, serat-serat selulosa seperti serat bambu sudah tidak asing digunakan untuk manufaktur, seperti sebagai tiang penyangga rumah,hal ini karena serat bambu menunjukkan sifat mekanik yang sangat bagus, densitas yang kecil, sifat abrasif yang rendah untuk permesinan, tidak mahal, mampu terdegradasi dan diproduksi secara alami dan berkelanjutan. Oleh karena itu baru-baru ini banyak dikembangkan serat natural untuk mengatasi permasalahan tersebut. Serat natural bersifat lebih ramah lingkungan dan aman untuk kesehatan manusia.

Oleh karena itu, berdasarkan pemaparan hal diatas penelitian kali ini menggunakan serat bambu engan variasi fraksi massa serat sebesar 5, 10 dan 15% sebagai bahan komposit dengan matriks yaitu *polyester* dan metode pembuatan komposit dengan menggunakan metode *hand lay-up*.

## 1.2 Rumusan Permasalahan

Rumusan masalah yang terdapat dalam penelitian ini antara lain :

1. Bagaimana pengaruh fraksi massa serat bambu 5, 10 dan 15 % terhadap nilai koefisien absorpsi suara komposit?
2. Bagaimana pengaruh fraksi massa serat bambu 5, 10, 15% pada komposit serat bambu dengan matriks *polyester* terhadap morfologi komposit?
3. Bagaimana proses pembuatan *prototype* otomotif dengan metode *hand lay-up* pada komposit serat bambu dengan matriks *polyester* ?

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini antara lain :

1. Ukuran serat dianggap *homogen*



2. Distribusi serat dianggap merata
3. Kandungan pengotor diabaikan dalam penelitian

#### 1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini antara lain :

1. Menganalisa nilai fraksi massa terbaik pada komposit serat bambu dengan matriks *polyester*
2. Menganalisa pengaruh fraksi massa serat bambu terhadap morfologi komposit serat bambu dengan matriks *polyester*
3. Membuat *prototype* untuk aplikasi otomotif dengan metode *hand lay-up* menggunakan serat bambu dan matriks *polyester*

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Menciptakan produk komposit campuran bambu dan matriks *polyester* untuk bahan dasar material penyerap suara
2. Memanfaatkan bahan alam yang lebih murah dan *bio-degradable*
3. Memberi pengetahuan mengenai sifat fisik dan proses manufaktur atau pembuatan komposit serat bambu dengan matriks *polyester* sebagai petunjuk proses produksi untuk interior suatu kendaraan



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

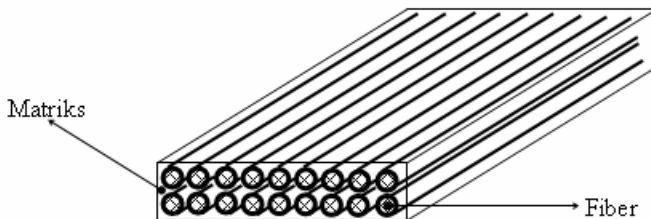
### 2.1 Komposit

Komposit didefinisikan sebagai suatu material yang terdiri dari dua komponen atau lebih yang memiliki sifat atau struktur yang berbeda yang dicampur secara fisik menjadi satu membentuk ikatan mekanik yang dengan struktur homogen secara makroskopik dan heterogen secara mikroskopik. Material campuran tersebut akan menghasilkan material yang baru yang memiliki sifat unggul dari material pembentuknya.

Komposit tersusun atas dua atau lebih fase yang berbeda, yaitu fase diskontinyu yang lebih kuat dan lebih kaku biasanya disebut material penguat (*reinforcing material*) dan fase kontinyu yang mengikat material penguat dan memberi bentuk biasanya disebut sebagai matriks (*matrix*). (Sulistijono, 2012)

### 2.2 Komposit Serat

Serat terdiri dari ratusan bahkan ribuan filamen, masing-masing filament memiliki diameter 5 sampai 15  $\mu\text{m}$ , sehingga dapat diproses lebih lanjut. Material komposit serat ditunjukkan seperti pada gambar 2.1 berikut.



**Gambar 2.1** *Fibrous Composite* (Sulistijono, 2012)

Pada gambar diatas terlihat bahwa material komposit dibentuk oleh matriks yang diisi oleh serat-serat sehingga material yang dihasilkan memiliki sifat gabungan dari matriks dan bahan penguatnya yang berupa serat.





Komposit serat menurut klasifikasi dibagi menjadi dua, yaitu *Continuous (align)* dan *Discontinuous (short)*.

*Continouos fiber* merupakan serat komposit yang memiliki serat berukuran panjang dan tersusun secara sejajar (rapi) sementara *Discontinuous* memiliki serat yang pendek. *Discontinuous* fiber dibagi kembali menjadi dua yaitu *Align* dan *Randomly Oriented*.

*Discontinuous Align* dimaksudkan bahwa serat yang dimiliki pendek namun tersusun secara sejajar dan rapi sementara *randomly oriented* memiliki serat pendek dan tersusun tersebar tanpa pola. (Callister, 2008)

Secara umum tipe serat dibagi menjadi beberapa jenis, diantaranya :

a. *Continuous Fiber Composite*

Disebut juga sebagai *uni-directional*, mempunyai susunan serat panjang dan lurus membentuk lamina diantara matriksnya. Jenis komposit ini paling banyak digunakan. Kekurangannya adalah lemahnya kekuatan antar lapisan dikarenakan kekuatan antar lapisan dipengaruhi oleh matriksnya

b. *Woven fiber composite*

Disebut juga *bi-directional*, komposit ini tidak mudah terpengaruh pemisahan antar lapisan karena susunan seratnya juga mengikat antar lapisan. Akan tetapi susunan serat memanjangnya tidak beitu lurus mengakibatkan kekuatan dan kekakuan tidak sebaik *continuous fiber*.

c. *Discontinuous fiber*

Komposit jenis ini masih dibedakan lagi menjadi :

- *Align discontinuous fiber*

Dimana serat nya berukuran pendek namun tersusun secara *rapid* dan sejajar

- *Randomly oriented discontinuous fiber*

Komposit dengan serat pendek yang tersebar secara acak diantara matriksnya. Tipe acak sering digunakan



pada produksi dengan volume besar karena faktor biaya manufakturnya lebih murah. Kekurangannya adalah sifat mekaniknya masih dibawah penguatan dengan serat *align discontinuous oriented*.

Ditinjau dari pembuatannya, serat diklasifikasikan menjadi dua kelompok, yaitu serat sintetis dan serat alami. Kedua jenis serat itu digunakan sebagai penguat atau pengisi pada material komposit. Serat sintetis banyak berperan sebagai penguat, sedangkan serat alami digunakan sebagai pengisi.

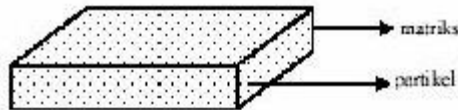
Serat alami merupakan serat yang terbuat dari bahan-bahan alami seperti aren, serabut kelapa, pelepah pisang, serat pohon, residu kayu, dan lain-lain. Penggunaan serat alami bukanlah memberikan efek penguatan, tetapi hanya penambah massa dari material komposit sehingga mempunyai kekuatan dan kekakuan yang rendah bahkan menurunkan kekuatan dan kekakuan matriks sebelumnya (Sulistijono, 2012)

### **2.3 Komposit Partikel**

Komposit yang tersusun atas matriks kontinyu dan penguat (reinforced) yang diskontinyu berbentuk partikel, fiber pendek atau whiskers disebut Komposit Partikel. Peran partikel dalam komposit partikel adalah membagi beban agar terdistribusi merata dalam material dan menghambat deformasi plastis matriks yang ada di sela sela partikel. Partikel juga berperan sangat baik dalam meningkatkan kekakuan komposit jika diaplikasikan pada matriks yang relative ulet (*ductile*). Partikel pengisi sering kali diterapkan pada matriks komposit untuk mengurangi biaya atau harga komposit dengan serat nabati/alam yang harganya relative murah, tetapi dengan konsekuensi memiliki sifat yang kurang bagus, sebaliknya partikel pengisi yang memiliki sifat tahan panas, konduktor panas dan listrik yang bagus juga bisa meningkatkan sifat baik komposit, sehingga komposit partikel bisa didesain agar memiliki ketahanan aus, abrasi, korosi, kekerasan permukaan yang tinggi, sifat magnet dan sebagainya tergantung dari jenis partikel

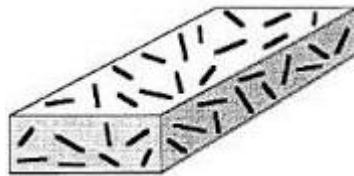


pengisinya. Penguat komposit partikel bisa berbentuk fiber pendek yang biasanya disebut CSM (*Chopped Strand Mats*) atau berbentuk whiskers. Material komposit partikel di ditunjukkan seperti pada Gambar 2.2.



**Gambar 2.2** Komposit Partikel (Sulistijono, 2012)

Serat pendek ini terbuat dari serat kaca/gelas atau terbuat dari serat natural/alam seperti serat pelepah pisang, serat nanas, serat goni, dan sebagainya. Serat natural hanya berperan sebagai filler/pengisi untuk menghemat biaya dan tidak berperan sebagai penguat. Gambar 2.3. menunjukkan komposit dengan serat pendek sebagai penguat CSM atau whiskers atau serat pendek sebagai pengisi.



**Gambar 2.3** Komposit dengan penguat serat pendek atau pengisi serat natural (Sulistijono, 2012)

Komposit partikel dengan matriks polimer dikenal dengan sebutan PMC (*Polymer Matrix Composites*). Jenis komposit dari polimer lebih banyak dikembangkan dibanding MMC karena aplikasinya yang luas serta harganya yang relative lebih murah. Aplikasi PMC secara luas dimanfaatkan dalam bidang otomotif, elektronik, transportasi dll.

Komposit partikel cerment (keramik- logam) adalah komposit partikel MMC yang tersusun atas matriks logam dan penguat partikel keramik. Beberapa kombinasi matriks logam dan partikel oksida banyak dipakai untuk komponen yang bekerja pada



temperatur tinggi seperti nozzle, hot mill, turbin parts, thermocouple, cetakan cor, dan komponen yang berada di daerah korosif. (Sulistijono, 2002)

## 2.4 Serat

Serat terdiri dari ratusan bahkan ribuan filamen, masing-masing *filament* memiliki diameter 5 sampai 15  $\mu\text{m}$ , sehingga dapat diproses lebih lanjut. Serat secara umum terdiri dari dua jenis yaitu,

1. Serat pendek, dengan panjang fraksi dalam milimeter atau beberapa centimeter. Contohnya *felts*, *mats*, dan serat pendek untuk *injection molding*.
2. Serat panjang, dipotong selama proses fabrikasi material komposit, biasanya berupa anyaman (*woven*).

Ditinjau dari pembuatannya, serat diklasifikasikan menjadi dua kelompok, yaitu serat sintetis dan serat alami. Kedua jenis serat itu digunakan sebagai penguat atau pengisi pada material komposit. Serat sintetis banyak berperan sebagai penguat, sedangkan serat alami digunakan sebagai pengisi.

Serat alami merupakan serat yang terbuat dari bahan-bahan alami seperti aren, serabut kelapa, pelepah pisang, serat pohon, residu kayu, dan lain-lain. Penggunaan serat alami bukanlah memberikan efek penguatan, tetapi hanya penambah massa dari material komposit sehingga mempunyai kekuatan dan kekakuan yang rendah bahkan menurunkan kekuatan dan kekakuan matriks sebelumnya (Sulistijono, 2012).

## 2.5 Serat Alam

Peningkatan kesadaran akan sumber daya tidak terbarukan menjadi langka dan ketergantungan kita yang tak terelakkan pada sumber daya terbarukan telah muncul. Pada abad ini bisa disebut abad selulosa, karena semakin banyak sumber daya tanaman terbarukan untuk produk sedang ditemukan. Hal ini dinyatakan secara umum bahwa serat alam itu terbarukan dan berkelanjutan, tetapi sebenarnya, tidak. Tanaman hidup itu terbarukan dan



berkelanjutan yang mana serat alaminya diambil, tetapi tidak berserat sendiri.

1. Sumber serat

Tanaman, yang menghasilkan serat alam, diklasifikasikan sebagai primer dan sekunder tergantung pada pemanfaatannya. Tanaman primer adalah tanaman yang tumbuh untuk konten seratnya sementara tanaman sekunder adalah tanaman di mana serat diproduksi sebagai *by-product*. *Jute*, *hemp*, *kenaf*, dan *sisal* adalah contoh dari tanaman utama. Nanas, kelapa sawit dan sabut adalah contoh tanaman sekunder. Tabel 2.1 menunjukkan komposisi kimia dari serat utama yang digunakan secara komersial dalam komposit, Tabel 2.2 menunjukkan sifat mekanik dari serat alam

2. Jenis serat

Ada enam tipe dasar dari serat alami. Serat-serat tersebut diklasifikasikan sebagai berikut: serat kulit pohon (*jute*, *flax*, *hemp*, *ramie*, dan *kenaf*), serat daun (abaca, sisal dan nanas), serat biji (sabut, kapas dan kapuk), serat inti (*kenaf*, *hemp*, dan *jute*), rumput dan alang-alang serat (gandum, jagung dan beras) dan semua jenis lain (kayu dan akar).



**Tabel 2.1** Komposisi Kimia dari Beberapa Serat Alam

Fiber	<i>Cellulose</i> (wt%)	<i>Hemicellulose</i> (wt%)	<i>Lignin</i> (wt%)	<i>Waxes</i> (wt%)
Bagasse	55.2	16.8	25.3	-
Bamboo	26-43	30	21-31	-
Flax	71	18.6-20-.6	2.2	1.5
Kenaf	72	20.3	9	-
Jute	61-71	14-20	12-13	0.5
Hemp	68	15	10	0.8
Ramie	68.6-76.2	13-16	0.6-0.7	0.3
Abaca	56-63	20-25	7-9	3
Sisal	65	12	9.9	2
Coir	32-43	0.15-0.25	40-45	-
Oil palm	65	-	29	-
Pineapple	81	-	12.7	-
Curaua	73.6	9.9	7.5	-



**Tabel 2.2** Sifat Mekanik dari Beberapa Serat Alam

<i>Fiber</i>	<i>Tensile strength (MPa)</i>	<i>Young's modulus (GPa)</i>	<i>Elongation at break (%)</i>	<i>Density (g/cm<sup>3</sup>)</i>
Abaca	400	12	3-10	1.5
Bagasse	290	17	-	1.25
Bamboo	140-230	11-17	-	0.6-1.1
Flax	345-1035	27.6	2.7-3.2	1.5
Hemp	690	70	1.6	1.48
Jute	393-773	26.5	1.5-1.8	1.3
Kenaf	930	53	1.6	-
Sisal	511-635	9.4-22	2.0-2.5	1.5
Ramie	560	24.5	2.5	1.5
Oil palm	248	3.2	25	0.7-1.55
Pineapple	400-627	1.44	14.5	0.8-1.6
Coir	175	4-6	30	1.2
Curaua	500-1150	11.8	3.7-4.3	1.4

## 2.6 Serat Bambu

Serat merupakan komponen penting dalam komposit yaitu berfungsi sebagai penguat dalam komposit. Banyak penelitian



mengenai tanaman bambu untuk digunakan dalam material komposit. Bambu merupakan bahan yang *orthotropic* atau mempunyai dua jaringan memutar atau *axial* di dalam lapisannya. Bambu ini juga memiliki kekuatan yang tinggi dengan jaringan *axial* dan *transversal* mengarah ke bawah. Struktur bambu sendiri yaitu terdiri dari selulosa panjang dan sejajar dengan seratnya. Serat ini akan bercampur dengan lignin di dalam matriksnya. Bambu yang digunakan adalah jenis bambu betung yang biasa ditanam pada dataran tinggi. Bambu yang digunakan di dapat dari desa Cengkrok Kabupaten Pasuruan.

Garis tengah bambu 80-130 mm, panjang batang 10-20 m. Bambu memiliki serat yang panjang yaitu 4,69 mm. Serat yang panjang ini akan membantu terbentuknya jalinan ikatan antar serat yang lebih baik sehingga memiliki kekuatan yang tinggi dan tidak mudah ditembus oleh cahaya (Widya dan Euis, 2008; Haygreen dan Bowyer, 1996). Tebal dinding serat dari bambu tipis yaitu 0,009 mm akan memudahkan serat untuk melembek dan menjadi pipih sehingga memberikan permukaan yang luas bagi terjadinya ikatan antar serat, akibatnya kekuatan tariknya tinggi (Casey 1980 dalam Patriasari 2001; Widya dan Euis, 2008).

Kadar holoselulosa (selulosa dan hemiselulosa) pada Bambu juga tinggi yaitu 83,8%. Selulosa yang tinggi mengindikasikan serat yang kuat, warna pulp lebih putih, relatif tahan terhadap bahan kimia dalam pemisahan dan pemurniannya serta tidak larut dalam pelarut organik netral dan air (Casey 1980 dalam Wardoyo 2001). Hemiselulosa yang tinggi menyebabkan serat bersifat lebih fleksibel yang penting dalam proses penggilingan, seratnya lebih mengambang dan plastis karena daya serap airnya tinggi. Serat yang plastis menyebabkan luas permukaan yang tinggi pada waktu pembentukan pulp. (Widya dan Euis, 2008). **Tabel 2.3** menjelaskan sifat mekanik dari bambu.

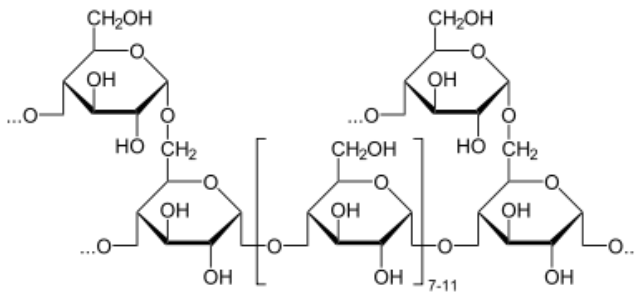
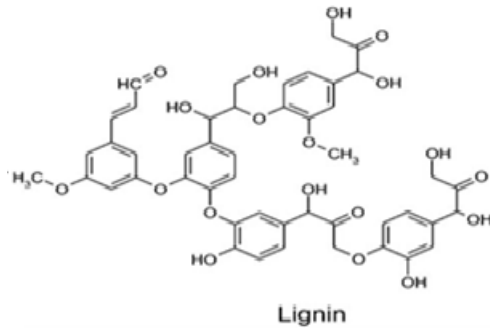




**Tabel 2.3** Sifat Mekanik Bambu (Widya dan Euis, 2008)

<i>Properties</i>	<i>Values</i>
<i>Tensile Strength (Mpa)</i>	140-230
<i>Young's Modulus (Gpa)</i>	11-17
<i>Elongation at Break (%)</i>	$\pm 2$
<i>Density (gr/cm<sup>3</sup>)</i>	0.6-1.1

Selulosa adalah polisakarida semi-kristalin yang muncul di alam dalam bentuk serat dengan lebar mulai dari 5-20  $\mu\text{m}$  dan panjang di kisaran 0.5 hingga beberapa millimeter. Struktur kimia selulosa dan lignin dapat dilihat pada **gambar 2.4**



**Gambar 2.4** Struktur kimia lignin dan selulosa (Shinoj, 2009).

## 2.7 Alkalisasi

Proses alkalisasi merupakan proses kimia yang bertujuan untuk melarutkan kandungan lignin dalam kayu sehingga mempermudah pemisahan lignin dengan serat, proses ini dilakukan dengan menggunakan bahan kimia NaOH (Fengen dan Wegener, 1995). Alkalisasi merupakan salah satu metode modifikasi permukaan serat yang dilakukan untuk memperoleh ikatan yang baik antara permukaan matriks dan serat (Maryanti, 2011).

Proses alkalisasi menghilangkan komponen penyusun serat yang kurang efektif dalam menentukan kekuatan antarmuka



yaitu hemiselulosa, lignin atau pektin. Dengan berkurangnya hemiselulosa, lignin atau pektin, kekerasan serat oleh matriks akan semakin baik, sehingga kekuatan antarmuka pun akan meningkat. Selain itu, pengurangan hemiselulosa, lignin atau pektin, akan meningkatkan kekasaran permukaan yang menghasilkan ikatan mekanik yang lebih baik (Maryanti, 2011).

Dalam dunia industri seperti proses hidrolisis enzimatis pada lignoselulosa dan industri pulp, lignin merupakan komponen yang tidak diinginkan dalam proses dan secara umum biasanya dihilangkan dengan pengolahan secara kimia.

### **2.8 Matriks**

Matriks secara umum berfungsi untuk mengikat serat menjadi satu struktur komposit. Polimer, logam, dan keramik digunakan sebagai bahan matriks pada komposit, tergantung pada ketentuan yang dibutuhkan. Matriks menahan fiber dan melindunginya dari kerusakan eksternal, memindahkan dan mendistribusi tegangan yang diberikan, dan pada beberapa kasus berkontribusi memberikan sifat yang dibutuhkan seperti keuletan, ketangguhan, dan insulasi elektrik. Matriks harus dapat mengembangkan ikatan mekanik dan kimia dengan fiber. Pada komposit modern polimer merupakan bahan matriks yang paling banyak digunakan. Polimer dideskripsikan sebagai termoset atau termoplastik. Termoset tidak akan meleleh pada temperatur tinggi, sedangkan termoplastik akan melembut dan meleleh pada temperatur tinggi, tetapi akan mengeras kembali jika didinginkan. (Gibson, 1994)

### **2.9 Polyester**

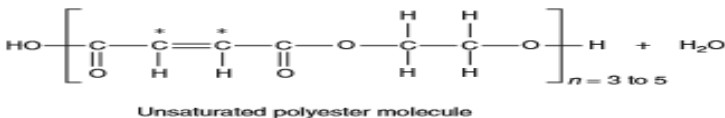
Resin polyester merupakan resin yang paling banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, baik itu berdiri sendiri maupun dalam bentuk material komposit. Sifat mekanik yang dimiliki oleh polyester tidak istimewa, namun mudah didapat, harga relatif terjangkau, dan mudah dalam proses fabrikasinya. Jenis dari resin polyester ada 2, yaitu: a. Polyester tipe jenuh (saturated polyester), polyester jenis ini tidak bisa mengalami pengerasan atau curing. b.



Polyester tidak jenuh (unsaturated polyester) yang dapat mengalami pengerasan (curing) dari fasa cair menjadi fasa padat. Resin unsaturated polyester merupakan resin cair dengan viskositas rendah, dan akan mengeras pada temperatur kamar dengan penggunaan katalis. Resin yang digunakan dalam penelitian ini adalah resin dengan nomer seri produksi 157 BQTN-EX. Polyester ini merupakan jenis Resin dan sangat populer di bidang pembuatan kapal di Indonesia. YUKALAC 157 BQTN-EX memiliki sertifikat LR Register & FDA. Bahan tambahan resin adalah katalis (Hardener). Jenis katalis untuk resin polyester yaitu Metyl Etyl Keton Peroksida (MEKPO). Katalis berfungsi untuk mempercepat proses pengerasan cairan resin (curing). Semakin banyak katalis maka proses pengerasan akan semakin cepat, tetapi kelebihan katalis juga akan menimbulkan panas berlebih. Kelebihan penggunaan resin bisa mengakibatkan material mengkerut bahkan rusak. (Rosyadi,2016). Pada Gambar 2.5 menampilkan ikatan kimia pada *Unsaturated Polyester* dan Tabel 2.4 menjelaskan sifat mekanik *polyester*.

**Tabel 2.4** Nilai sifat mekanik *polyester* ( Rosyadi, 2016)

Sifat mekanis	Harga	Satuan
Kekuatan Tarik statis	5.5	Kg/mm <sup>2</sup>
Modulus elastisitas	300	Kg/mm <sup>2</sup>
Kekuatan lentur	9.4	Kg/mm <sup>2</sup>
Modulus lentur	300	Kg/mm <sup>2</sup>
Elongation	1.6	%



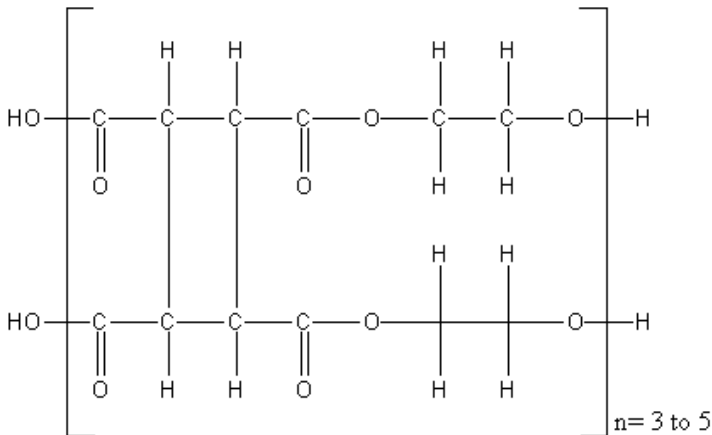
**Gambar 2.5** Struktur kimia *Unsaturated polyester*



## 2.10 Mekanisme *Curing*

Secara garis besar, mekanisme *curing* material termoset adalah bagaimana *crosslink* bisa terjadi. Reaksi *crosslink* pada poliester tidak jenuh diharapkan bisa terjadi saat resin telah dimasukkan dalam cetakan atau telah berinteraksi dengan serat dalam material komposit.

Agar *curing* dapat terjadi maka poliester tidak jenuh harus ditambahkan katalis. Pada proses *curing* di temperatur ruang katalis yang sering digunakan adalah Metil Etil Keton Peroksida (MEKPO). Penambahan katalis kemudian menghasilkan reaksi yang melibatkan radikal bebas dari katalis yang berikatan dengan hydrogen pada rantai poliester, sehingga menghasilkan rantai reaktif dan dapat terhubung dengan rantai lain sehingga terjadi *crosslink*. Penambahan katalis memutus rantai rangkap dua C=C sehingga hanya menjadi ikatan rangkap 1 C-C. Hal inilah yang menyebabkan *unsaturated polyester* bisa mengalami proses *curing*. Gambar 2.6 menjelaskan reaksi *curing* pada *unsaturated polyester*.



**Gambar 2.6** Reaksi *curing* pada *unsaturated polyester*



## 2.11 Hukum Pencampuran

Sifat-sifat komposit pada umumnya ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain : jenis, bentuk geometris dan struktur, rasio perbandingan, daya lekat, orientasi bahan penguat bahan penyusun, dan proses pembuatan (Zulhanif,2010)

Bila  $v_c$  adalah volume komposit yang mengandung volume serat  $v_f$  dan volume matriks  $v_m$  , maka diperoleh persamaan,

$$v_c = v_f + v_m \quad (2.1)$$

Jika fraksi volume serat  $V_f$  , fraksi volume matriks  $V_m$  , maka

$$V_f = \frac{v_f}{v_c} ; V_m = \frac{v_m}{v_c} \quad (2.2)$$

Bila  $w_c$  adalah berat komposit yang mengandung berat serat  $w_f$  dan berat matriks  $w_m$  , maka diperoleh persamaan,

$$w_c = w_f + w_m \quad (2.3)$$

Jika fraksi berat serat  $V_f$  , fraksi volume matriks  $V_m$  , maka

$$W_f = \frac{w_f}{w_c} ; W_m = \frac{w_m}{w_c} \quad (2.4)$$

Dengan mengetahui densitas dari komposit, serat, dan matriks, maka bisa diperoleh konversi dari fraksi volume ke fraksi berat, sebagai berikut,

$$W_f = \frac{w_f}{w_c} = \frac{\rho_f}{\rho_c} \cdot \frac{v_f}{v_c} = \frac{\rho_f}{\rho_c} \cdot V_f \quad (2.5)$$

$$W_f = \frac{\rho_f}{\rho_c} \cdot V_f \quad (2.6)$$

$$W_m = \frac{\rho_m}{\rho_c} \cdot V_m \quad (2.7)$$

Densitas komposit, ditentukan dari persamaan dibawah ini

$$\rho_c \cdot v_c = \rho_f \cdot v_f + \rho_m \cdot v_m \quad (2.8)$$



$$\rho_c = \rho_f \cdot \frac{v_f}{v_c} + \rho_m \cdot \frac{v_m}{v_c} \quad (2.9)$$

$$\rho_c = \rho_f \cdot V_f + \rho_m \cdot V_m \quad (2.10)$$

$$\rho_c = \frac{1}{\left( \frac{W_f}{\rho_f} \right) + \left( \frac{W_m}{\rho_m} \right)} \quad (2.11)$$

## 2.12 Material Akustik

Material akustik adalah material teknik yang fungsi utamanya adalah untuk menyerap suara/bising. Material akustik adalah suatu bahan yang dapat menyerap energi suara yang datang dari sumber suara. Pada dasarnya semua bahan dapat menyerap energi suara, namun besarnya energi yang diserap berbeda-beda untuk tiap bahan. material akustik dapat dibagi ke dalam tiga kategori dasar, yaitu material penyerap (absorbing material), material penghalang (barrier material), material peredam (damping material). Material penghalang pada dasarnya memiliki massa yang padat, untuk material peredam biasanya adalah lapisan yang tipis untuk melapisi benda. Lapisan tersebut biasanya adalah plastik, polimer, *epoxy*, dan lain-lain. Sedangkan untuk material penyerap, biasanya berpori (*porous*) dan berserat (*vibrous*). (Doelle, 1993)

Pada material penyerap suara, energi suara datang dan tiba pada suatu bahan akan diubah sebagian oleh bahan tersebut menjadi energi lain, seperti misalnya getar (vibrasi) atau energi panas. Oleh karena itu, bahan yang mampu menyerap suara pada umumnya mempunyai struktur berpori atau berserat. Nilai absorpsivitas suara dihitung menggunakan persamaan dibawah ini:

$$\alpha = \frac{W_a}{W_i} \quad (2.1)$$



Dimana  $W_a$  dan  $W_i$  masing-masing adalah daya suara yang diserap dan daya suara yang tiba pada permukaan bahan. Bahan-bahan akustik yang tergolong sebagai bahan penyerap suara antara lain adalah *glass wool*, *rock wool*, *soft board*, *carpet*, kain, busa, *acoustic tiles*, *resonator*, dan lain-lain. Setiap material memiliki nilai koefisien absorpsivitas yang berbeda-beda. (Doelle, 1993) Pada Tabel 2.5 akan dijelaskan besarnya nilai koefisien absorpsivitas material pada beberapa frekuensi.

**Tabel 2.5** Koefisien Absorpsi dari Material Akustik  
(Doelle, 1993)

Material	Frekuensi (Hz)					
	150	250	500	1000	2000	4000
Gypsum board (13 mm)	0.29	0.10	0.05	0.04	0.07	0.09
Kayu	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07
Glass	0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02
Polycarbonate (8-12mm)	0.22	0.29	0.32	0.34	0.39	0.36
Beton yang dituang	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
Batu Bata	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07

## 2.13 Material Penyerap

Terdapat dua jenis material penyerap (absorption) yaitu material penyerap resonant dan material penyerap berpori. Kedua jenis tersebut memiliki karakteristik yang sangat berbeda karena perbedaan mekanisme dalam penyerapan suara. Secara lengkap penjelasan material penyerap adalah sebagai berikut.

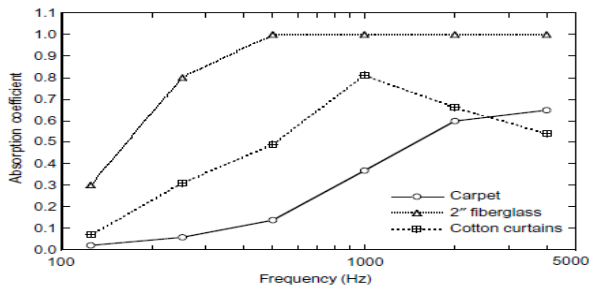
### a. Penyerap berpori

Bahan berpori seperti karpet, korden, foam, glasswool, rockwool, cellulose fiber, dan material lunak lainnya,





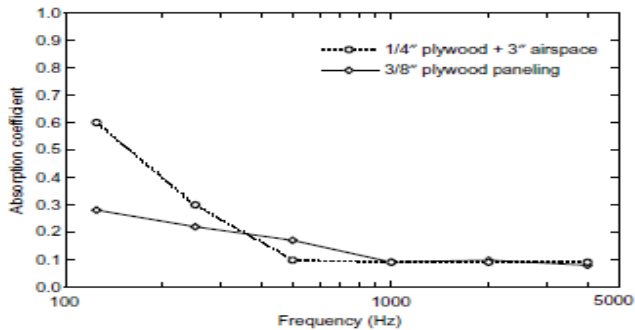
menyerap energi suara melalui energi gesekan yang terjadi antara komponen kecepatan gelombang suara dengan permukaan materialnya. Bahan penyerap suara tipe ini akan menyerap energi suara lebih besar di frekuensi tinggi. (Howard dan Angus, 2009). Tipikal kurva karakteristik penyerapan energi suaranya sebagai fungsi frekuensi, dapat dilihat pada Gambar 2.7 berikut



**Gambar 2.7** Kurva Zona Frekuensi Material Penyerap Berpori. (Howard dan Angus, 2009)

b. Penyerap resonant

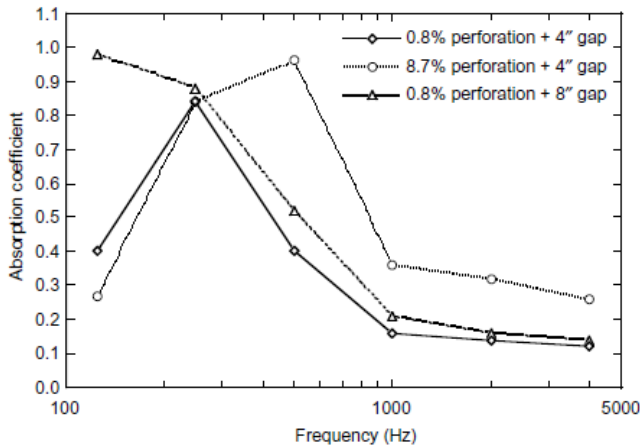
Bahan penyerap suara tipe resonansi seperti panel kayu tipis, menyerap energi suara dengan cara mengubah energi suara yang datang menjadi getaran, yang kemudian diubah menjadi energi gesek oleh material berpori yang ada di dalamnya (misal oleh udara, atau material berpori). Ini berarti, material tipe ini lebih sensitif terhadap komponen tekanan dari gelombang suara yang datang, sehingga lebih efektif apabila ditempelkan pada dinding. Bahan penyerap tipe ini lebih dominan menyerap energi suara ber frekuensi rendah. Frekuensi resonansi bahan ini ditentukan oleh kerapatan massa dari panel dan kedalaman (tebal) rongga udara dibaliknya . Tipikal respon frekuensi bahan penyerap tipe resonant ditunjukkan oleh gambar 2.8 dibawah ini.



**Gambar 2.8** Zona Frekuensi Penyerap Resonant.  
(Howard dan Angus, 2009)

c. Penyerap Resonant Helmholtz

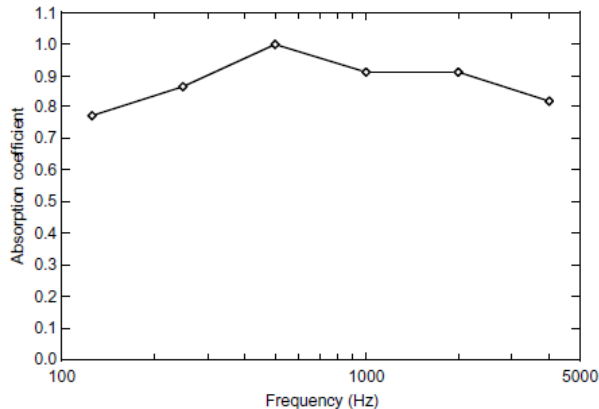
Tipe lain dari bahan penyerap suara ini adalah apa yang disebut sebagai Resonator Helmholtz. Efektifitas bahan penyerap suara tipe ini ditentukan oleh adanya udara yang terperangkap di “pipa atau leher” diatas bidang berisi udara (bentukan seperti leher botol dsb). Permukaan berlobang menjadi ciri utama resonator yang bekerja pada frekuensi tertentu, tergantung pada ukuran lubang, leher, dan volume ruang udaranya. Zona frekuensi tipe helmlotz ditunjukkan oleh Gambar 2.9 dibawah ini.



**Gambar 2.9** Zona Frekuensi Tipe Helmlotz. (Howard dan Angus, 2009)

d. Penyerap Wideband

Apabila diinginkan sebuah material yang memiliki frekuensi kerja yang lebar (rendah, menengah, dan tinggi), maka harus digunakan gabungan ketiga bahan penyerap suara tersebut. Kombinasi antara proses gesekan dari komponen kecepatan gelombang suara dan resonansi dari komponen tekanan gelombang suara akan membuat kinerja penyerapan energi suara oleh material besar untuk seluruh daerah frekuensi. (Howard dan Angus, 2009). Kurva tipe Wideband ditunjukkan oleh Gambar 2.10 dibawah ini.



**Gambar 2.10** Zona Frekuensi Tipe Wideband  
. (Howard dan Angus, 2009)

## 2.14 Aplikasi Komposit Industri Otomotif

Dalam dunia otomotif sekarang banyak digunakan pula material komposit pengganti logam. Dalam hal ini dibagi menjadi 3 bagian yaitu, komponen *body*, *chasis* dan bagian mesin. Secara umum banyak diaplikasikan pada *door panel* dengan *fiberglass* dan juga matriksnya yaitu *polyester resin*. Proses pembuatannya menggunakan *Sheet Molding Compound* (SMC) atau *compression molding*. Tidak hanya untuk membuat *door panel*, tetapi SMC ini digunakan untuk membuat *dashboard*, bumper mobil, kap mobil.

Selain itu juga penggunaan material komposit bisa mengurangi penggunaan logam yang makin mahal. Selain itu keuntungan dari penggunaan material komposit ini terletak pada bahannya yang mudah didapat apalagi diaplikasikan untuk dunia otomotif. Tidak hanya bagian interior, bagian *suspension*, *engine block*, dan *gearbox* pun juga dibuat dari bahan bermaterial komposit. Di bawah ini adalah bagian ruang mesin yang



menggunakan material komposit. Gambar 2.11 merupakan gambar dashboard pada mobil



**Gambar 2.11** (a) Dimensi Panzer Anoa 6x6 APC. (b) Gambar ruang mesin pada panzer anoa  
(<http://autobild.co.id/Tips/Knowledge/mencoba-panzer-anoa-6x6-apc-buatan-indonesia>)

### 2.13 Penelitian Sebelumnya

Penggunaan serat bambu dalam aplikasi komposit semakin berkembang dari tahun ke tahun. Menurut Erdin dan farid (2015), Nilai koefisien absorpsi suara komposit *polyurethane* berpenguat serat bambu untuk hand lay-up sebesar 0.435 pada frekuensi 4000 Hz.

Semakin besar nilai dari koefisien absorpsi suara suatu material bukan berarti bahwa material tersebut bagus karena tergantung pada kegunaannya. (Suban dan Farid, 2015).

Farid, dkk (2015) mendapatkan kenaikan secara signifikan nilai koefisien absorpsi suara pada frekuensi 125 Hz untuk material poliester berpenguat serat rami dan pada frekuensi menengah 1000 Hz untuk material poliester berpenguat serat bambu dengan nilai  $\alpha$  sebesar 0.9.



Komposisi pada pembuatan spesimen komposit sangat mempengaruhi dari hasil nilai koefisien absorpsi suara. Pengaruh dari serat yang ditambahkan pada material komposit bermatriks gypsum akan menghasilkan nilai koefisien absorpsi yang berbeda. Hal ini dikarenakan serat terdiri dari beberapa serat halus yang apabila dilihat dari mikroskop optik terlihat bahwa serat tersebut memiliki pori-pori yang mampu menampung suara. Selain itu, ikatan fisis antara serat sebagai penguat dan matriks gypsum juga akan membentuk rongga-rongga halus yang akan menampung suara yang diterima oleh spesimen komposit. (Farid dan Agung, 2015).

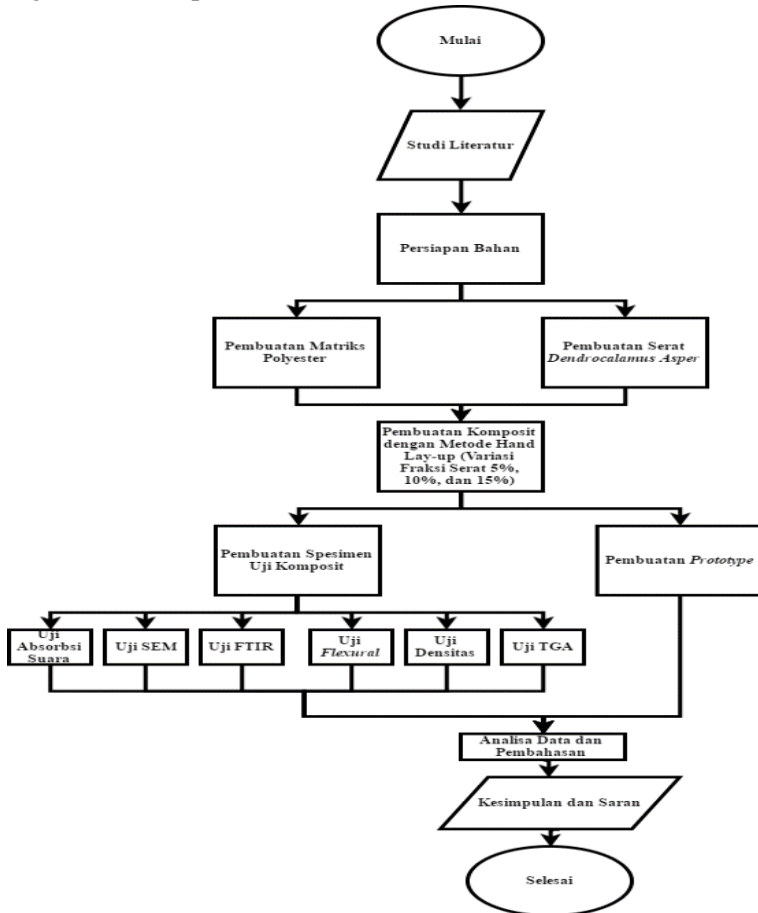


*(Halaman ini Sengaja dikosongkan)*

## BAB III METODOLOGI PERCOBAAN

### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini menggunakan alur penelitian yang digambarkan seperti Gambar 3.1



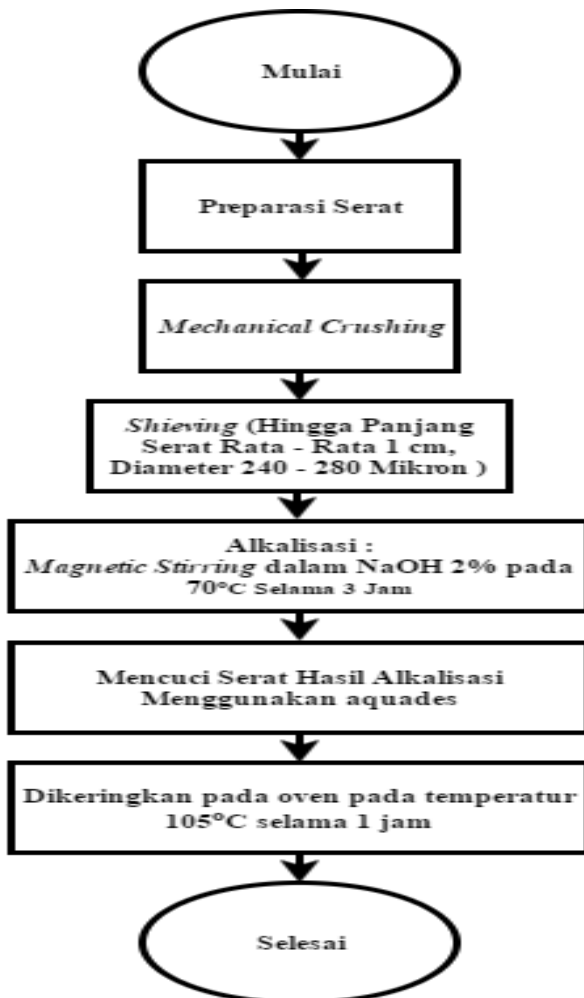
**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian





### 3.1.1 Diagram Alir Pembuatan Filler Mikro Selulosa

Pembuatan filler mikro selulosa digambarkan seperti pada Gambar 3.2



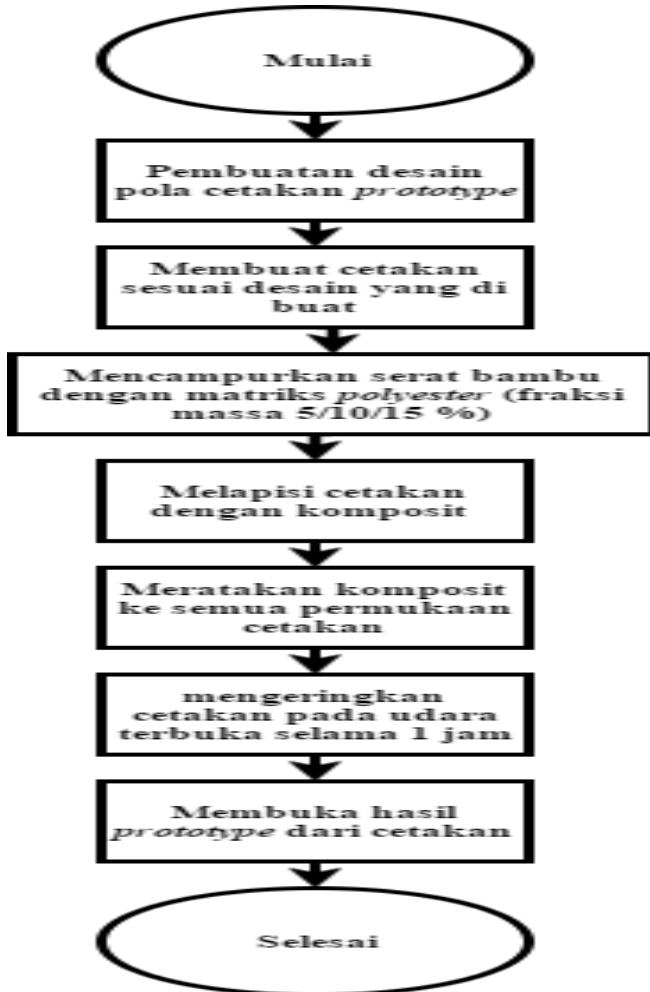
**Gambar 3.2** Diagram Alir Pembuatan Filler Mikro Selulosa



### 3.1.2 Diagram Alir Pembuatan *Prototype*

Pembuatan *prototype* digambarkan seperti pada Gambar

3.3



Gambar 3.3 Pembuatan *Prototype*



### **3.2 Bahan dan Peralatan Penelitian**

#### **3.2.1 Bahan Penelitian**

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain :

1. Serat Bambu



**Gambar 3.4** Serat Bambu

2. Poliester



**Gambar 3.5** Poliester

3. *Methyl Ethyl Keton Peroksida (MEKPO)*



**Gambar 3.6** *Methyl Etil Keton Peroksida (MEKPO)*

4. NaOH 1M



**Gambar 3.7** Larutan NaOH 1M

5. Aquades



**Gambar 3.8** Larutan Aquades



### 3.2.2 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

#### 1. Cetakan Spesimen

Cetakan digunakan untuk mencetak specimen uji. Cetakan kemudian di lapisi oleh aluminum foil pada bagian bawah dan dinding – dindingnya untuk menghindari cairan matriks keluar dari cetakan.



**Gambar 3.9** Cetakan uji

#### 2. Timbangan digital

Timbangan digital berfungsi untuk menimbang serat bambu dan *polyester* yang akan digunakan. Timbangan digital yang digunakan milik Laboratorium Material Inovatif di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi



**Gambar 3.10** Timbangan Digital



### 3. Oven

Oven digunakan untuk mengeringkan serat setelah perendaman dengan NaOH. Oven yang digunakan milik Laboratorium Material Inovatif di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi



**Gambar 3.11** Oven

### 4. Mesin Pencacah Organik

Mesin pencacah organik yang digunakan milik laboratorium kimia dan bahan alam milik Jurusan Teknik Kimia ITS



**Gambar 3.12** Mesin Pencacah Organik



### 5. Mesin Sieving

Mesin sieving digunakan untuk menghomogenkan ukuran serat. Alat yang digunakan milik Laboratorium Fisika Material di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS



**Gambar 3.13** Mesin Sieving

### 6. Mesin Uji Absorpsi Suara

Mesin uji absorpsi suara digunakan untuk mengetahui nilai absorpsi suara komposit. Alat yang digunakan milik Laboratorium Akustik Material jurusan Teknik Fisika ITS



**Gambar 3.14** Mesin Uji Absorpsi Suara



#### 7. Mesin SEM ( Scanning Electron Microscope)

Mesin SEM digunakan untuk mengetahui morfologi dan ukuran butir serat. Mesin SEM yang digunakan milik laboratorium di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI ITS



**Gambar 3.15** Mesin Scanning Electron Microscope

#### 8. Mesin Uji Lentur

Mesin uji lentur digunakan untuk mengetahui kekuatan lentur dan kekakuan komposit. Mesin uji lentur yang digunakan milik Laboratorium Farmasi Universitas Airlangga



**Gambar 3.16** Mesin Uji Lentur





#### 9. Mesin *Fourier Transformation Infra Red* (FTIR)

Mesin FTIR digunakan untuk mengetahui ikatan kimia serat dan komposit. Mesin FTIR yang digunakan milik laboratorium di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS



**Gambar 3.17** Mesin Uji FTIR

### **3.3 Variabel Penelitian**

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini ialah Fraksi massa serat bambu sebesar 5, 10 dan 15 %.

### **3.4 Rancangan Penelitian**

Untuk pelaksanaan percobaan ini, **Tabel 3.1** menggambarkan rancangan penelitian yang akan dilakukan.



**Tabel 3.1** Rancangan Penelitian

No	Pembuatan Komposit	Pengujian					
	Hand Lay up	Absorbsi Suara	SEM	FTIR	Lentur	TGA	Densitas
1	5%B-95%UPR	V	V	V	V	V	V
2	10%B-90%UPR	V	V	V	V	-	V
3	15%B-85%UPR	V	V	V	V	V	V
4	Serat Bambu	-	V	V	-	-	-
5	<i>Polyester</i>	V	V	V	V	V	V

Catatan :

B = Serat bambu

UPR = *Unsaturated Polyester Resin*

### 3.5 Metode Penelitian

#### 3.5.1 Persiapan Bahan

Untuk dapat melaksanakan pengujian, terlebih dahulu dilakukan persiapan bahan. Persiapan bahan ini penting untuk dilakukan, karena dapat mempengaruhi hasil pengujian dan dapat mempengaruhi hasil dari analisa dan pembahasan yang kita lakukan.

##### 3.5.1.1 Pengolahan Serat Bambu

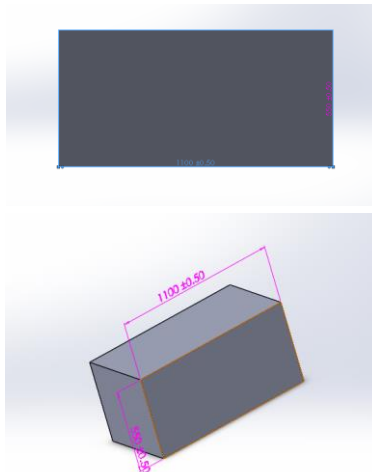
1. Menjemur Serat Bambu selama  $\pm 2$  hari untuk menghilangkan kelembaban.
2. Membersihkan serat bambu dari pengotor dengan air bersih
3. Mengeringkan serat bambu dengan menggunakan oven dengan temperatur  $90^{\circ}\text{C}$



4. Melakukan *mechanical crushing* dengan mesin pencacah organik
5. Serat di-*meshing* untuk mendapatkan ukuran yang homogen dengan rentang ukuran antara 240 mikron hingga 280 mikron
6. Melakukan alkalisasi pada serat bambu dengan NaOH 2% selama 3 jam pada temperatur 70°C menggunakan magnetic stirrer
7. Mencuci sampel hasil alkalisasi dengan air distilasi sampai pengotor pada permukaan hilang
8. Menghilangkan kadar air serat dengan cara di-oven dengan temperature 105°C selama 1 jam

#### 3.5.1.2 Pembuatan Prototype

1. Mencari literature tentang box mesin panser Anoa 6 x 6 APC
2. Membuat desain pola cetakan *prototype* dengan menggunakan aplikasi *solid work*



4. Membuat pola cetakan *prototype* dengan menggunakan papan kayu sesuai dengan desain yang telah ditentukan



5. Melapisi pola cetakan dengan menggunakan *fiber glass*



6. Setelah pola cetakan jadi, selanjutnya melapisi cetakan dengan bahan tahan lengket



7. Menuangkan resin ke dalam cetakan, dilanjutkan dengan ditabur serat bambu sesuai dengan takaran yang sudah ditentukan
8. Meratakan komposit ke seluruh permukaan cetakan dengan menggunakan kuas atau roll untuk mengeluarkan udara yang terjebak
9. Mengulang proses ke 6 dan 7 hingga mencapai ketinggian yang sudah ditentukan
10. Mengeringkan hasil *prototype* pada temperatur ruang (25-27 °C) hingga mengering sempurna
11. Melepas hasil komposit dari cetakan

#### **3.5.1.1 Pembuatan Cetakan**

Untuk cetakan spesimen uji koefisien absorpsi suara dibuat berbahan seng, diberikan dimensi  $D=105$  mm dan  $T=10$  mm. Pengujian dilakukan sesuai dengan ASTM E1050.

#### **3.5.1.2 Pembuatan Komposit**



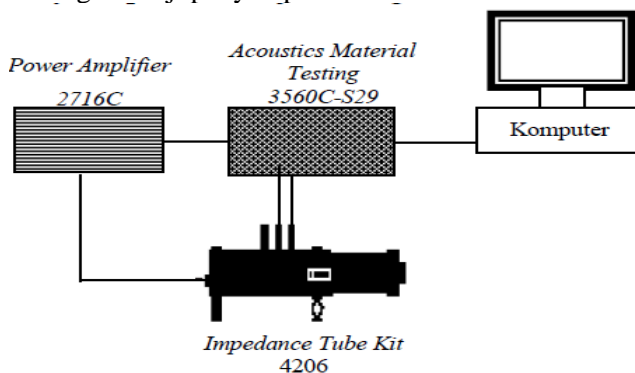
1. Pembuatan spesimen dilakukan dengan menempatkan serat bambu, dan *polyester* berdasarkan komposisi yang telah disiapkan pada suatu cetakan
2. Memberi penekanan terhadap serat dan *polyester* dengan menggunakan kuas agar merata
3. Proses ini dilakukan beberapa kali sesuai dengan lapisan atau layer yang sudah ditentukan
4. Setelah Hasil komposit mengering dan mengeras, komposit dapat dikeluarkan dari cetakan

### 3.5.2 Proses Pengujian

Setelah specimen komposit selesai di buat, maka dilakukan beberapa pengujian yang terdiri dari :

#### 3.5.2.1 Pengujian Koefisien Penyerapan Suara

Peralatan yang digunakan untuk mengukur koefisien serap bahan adalah tabung impendansi dengan standarisasi menurut ASTM E1050. Pengujian dilakukan di Laboratorium Akustik Material, Jurusan Teknik Fisika Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Dimensi spesimennya berbentuk tabung dengan diameter 100mm dan tinggi 10mm. Berikut ini rangkaian alat tabung impendansi untuk mengukur uji penyerapan suara:



Gambar 3.18 Rangkaian alat uji absorpsi suara

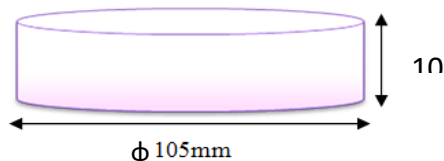


Rangkaian alat terdiri dari:

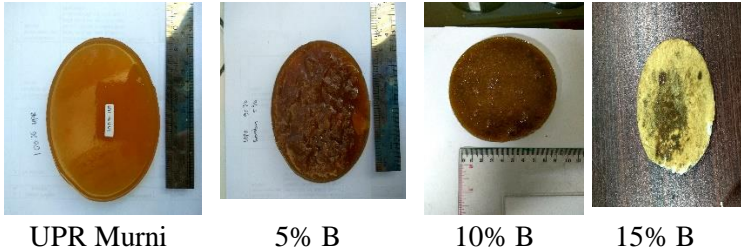
*Acoustic material testing 3560C-S29*: Untuk menganalisa sinyal yang diterima mikrofon

- 1) *Power Amplifier 2716C*: Untuk menguatkan gelombang bunyi
- 2) *Impedance Tube kit 4206*: Sebagai tempat pengukuran koefisien serapan sampel.
- 3) *Komputer* : Untuk mengolah dan menampilkan data pengujian .

Pengujian *Absorption* adalah pengujian yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan suatu bahan untuk menyerap suara. Kualitas dari bahan peredam suara ditunjukkan dengan harga  $\alpha$  (koefisien penyerapan bahan terhadap bunyi), semakin besar  $\alpha$  maka semakin baik digunakan sebagai peredam suara. Nilai  $\alpha$  berkisar dari 0 sampai 1. Jika  $\alpha$  bernilai 0, artinya tidak ada bunyi yang diserap sedangkan jika  $\alpha$  bernilai 1, artinya 100% bunyi yang datang diserap oleh bahan . Besarnya energi suara yang dipantulkan, diserap, atau diteruskan bergantung pada jenis dan sifat dari bahan atau material tersebut. Prinsip pengujian adalah spesimen yang berbentuk lingkaran dimasukkan ke dalam bagian kepala tabung impedansi kemudian diatur frekuensi suara pada amplifier dengan frekuensi 125 – 5000 Hz, maka speaker akan memberikan suara ke dalam tabung impedansi dan sound level meter.



**Gambar 3.19** Dimensi Spesimen Uji Absorpsi Suara



**Gambar 3.20** Spesimen uji absorpsi suara komposit B-%UPR di beberapa variasi komposisi

### 3.5.2.2 Pengujian Kelenturan

Kekuatan lentur digunakan untuk menunjukkan kekakuan dari suatu material ketika dibengkokkan. Pengujian kelenturan dilakukan dengan metode three point bend, dimana spesimen diletakan pada kedua tumpuan dan dilakukan pembebanan ditengah spesimen. Mesin yang digunakan adalah mesin uji bending milik Baristand Surabaya. Prosedur pengujian menurut standar ASTM D790. Dimensi spesimen yang diuji sesuai standart tersebut ialah sebesar 128x25x4 mm.



**Gambar 3.21** Alat uji kelenturan





(a)



(b)



(c)



(d)

**Gambar 3.22** Spesimen uji Flexural.

### 3.5.2.3 Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*)

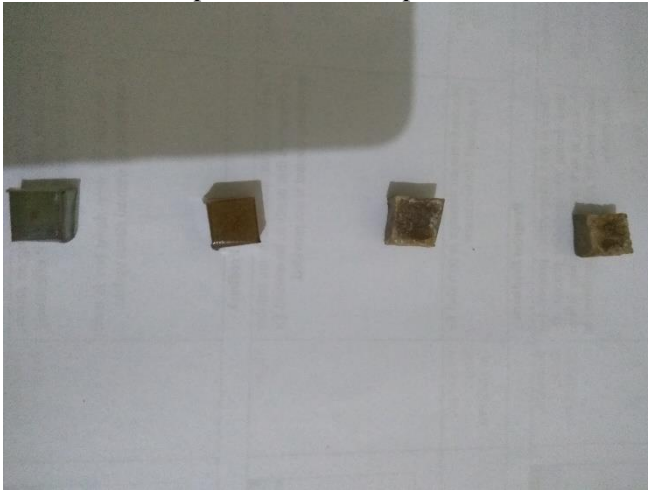
Pengujian SEM bertujuan untuk mempelajari morphology (sifat permukaan), ukuran partikel dan pori, serta bentuk partikel suatu material. Pengujian ini didasarkan pada standard ASTM E2809. Spesimen uji berbentuk kubus berukuran 10x10x3mm

Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*) menggunakan mesin SEM menggunakan hamburan elektron dalam membentuk bayangan. Pengujian dilakukan di Laboratorium Karakteristik Material Jurusan Teknik Material dan Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Adapun cara kerja dari SEM adalah *electron gun* memproduksi *electron beam*, anoda menangkap *electron*



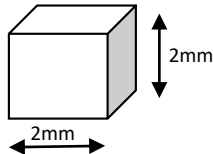
*beam* untuk kemudian diarahkan ke sampel kemudian serangkaian lensa magnetik memfokuskan beam ini dan menembakkan ke sampel, *scanner* membaca struktur permukaan sampel selanjutnya menangkap sinyal dari *secondary* dan *back scattered electron* untuk dikirim ke sistem kontrol sehingga dapat dilihat gambarnya pada monitor dan dapat dicetak bila diperlukan.



**Gambar 3.23** Dimensi spesimen Uji Morfologi

#### 3.5.2.4 Pengujian TGA (*Thermogravimetric Analysis*)

TGA adalah metode untuk menganalisis perubahan secara fisik dan kimia pada material dengan cara memaksa terjadinya reaksi dengan penggunaan panas. Spesimen uji berbentuk kubus dengan dimensi 3x3x3mm, akan dipanaskan secara bertahap dan diukur seberapa banyak perubahan massanya seiring dengan pertambahan temperature. Pengujian dilakukan di Laboratorium Karakteristik Material Jurusan Teknik Material dan Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Pengujian dilakukan berdasarkan standard ASTM E1131.



**Gambar 3.24** Dimensi spesimen TGA

### 3.5.2.5 Pengujian Densitas

Pengujian dilakukan dengan perhitungan massa dan volume dari masing-masing spesimen komposit dengan menggunakan prinsip Archimedes. Standar pengujiannya menggunakan ASTM D792.

Pengujian densitas ini dilaksanakan untuk mengetahui pengaruh variasi penambahan serat terhadap massa jenis dari komposit. Pengujian densitas ini mengacu pada ASTM D792. Tahapan untuk pengujian densitas ini yaitu dimulai dengan mengukur massa masing-masing sampel komposit dengan cara ditimbang diudara, kemudian dilakukan pengukuran massa sampel komposit ketika tercelup dalam air dengan menggunakan *sinker* berupa kawat. Setelah didapat nilai massa sampel di udara dan tercelup dalam air, kemudian dilakukan perhitungan untuk mencari densitas masing-masing sampel, dan tahap terakhir yaitu menghitung nilai rata-ratanya.

## BAB IV

### ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

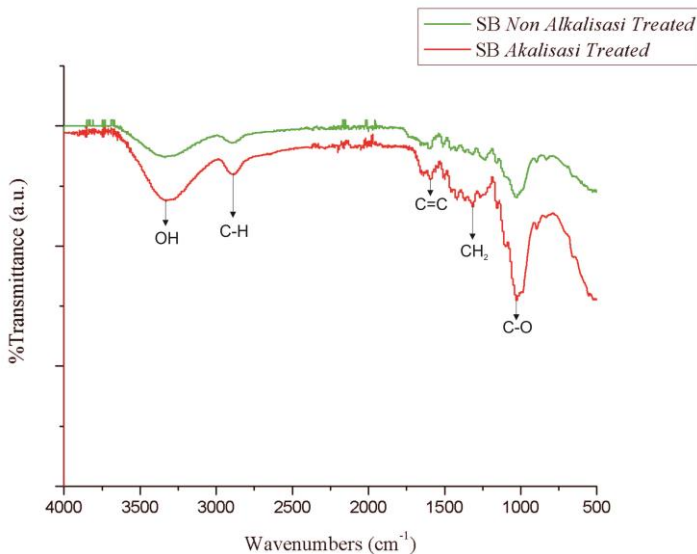
#### 4.1. Analisa Hasil Uji *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR)

Dalam uji FTIR yang akan diuji adalah serat bambu *washed*, dan serat bambu alkalisasi serta Komposit *Unsaturated Polyester Resin*. Masing masing sample diuji dan dianalisa FTIR agar dapat menentukan peak dari tiap sample dan mengidentifikasi gugus ikatan yang mengindikasikan sample tersebut.

Serat yang digunakan dalam penelitian ini adalah serat bambu. Gambar 4.1 menunjukkan hasil uji FTIR serat bambu yang telah dialkalisasi. Dari hasil pengujian tersebut dapat dilihat bahwa serat bambu alkalisasi terdapat ikatan O-H pada puncak gelombang  $3329.31\text{ cm}^{-1}$  C-H pada  $2884.48\text{ cm}^{-1}$ , C=C pada  $1590.23\text{ cm}^{-1}$  CH<sub>2</sub> pada  $1420\text{ cm}^{-1}$  dan C-O pada  $1025.84\text{ cm}^{-1}$  seperti yang ada pada Tabel 4.1 berikut.

**Tabel 4.1** Daerah Serapan IR Serat Bambu

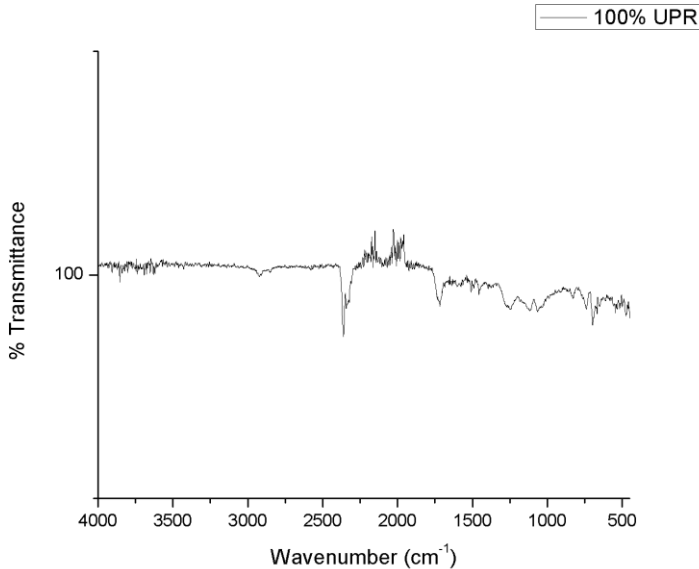
Daerah Serapan ( $\text{cm}^{-1}$ )		Ikatan dan Jenis Gugus Fungsi
<i>Alkali Treated</i>	<i>Non Alkali Treated</i>	
3329.31	3337.73	O-H <i>stretching</i>
2884.48	2894.76	C-H <i>stretching</i>
1590.23	1600.39	C=C cincin aromatik
1420	1423	CH <sub>2</sub> deformasi
1025.84	1027.25	C-O <i>stretching</i>



**Gambar 4.1** Hasil Uji FTIR Serat Bambu *Washed* dan Alkalisasi

Hasil uji FTIR serat bambu alkalisasi bertujuan untuk mengetahui senyawa yang terkandung pada serat setelah dilakukan proses alkalisasi. Proses alkalisasi dilakukan dengan tujuan untuk menghilangkan komponen pengisi serat yang mengganggu dalam menentukan ikatan serta kekuatan antar muka yaitu lignin. Lignin ditunjukkan oleh adanya puncak 1600 cm<sup>-1</sup> dengan gugus aromatik C=C. Dengan adanya lignin maka matriks dan serat tidak memiliki interface yang baik. Oleh karena itu proses alkalisasi diperlukan untuk memperbaiki permukaan serat bambu dan menghilangkan lignin sehingga hanya terdapat selulosa di dalam serat tersebut.

Hasil pengujian *Unsaturated Polyester* ditunjukkan pada Gambar 4.2



**Gambar 4.2** Hasil Uji FTIR *Unsaturated Polyester Resin*

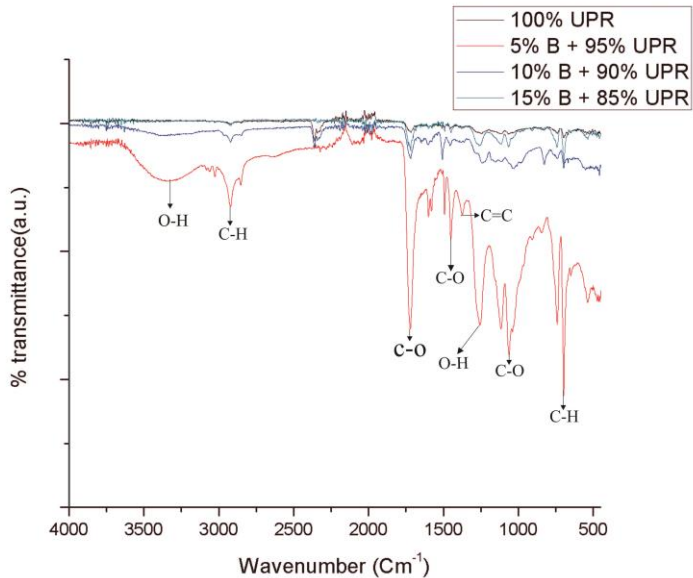
Dilihat dari Tabel 4.2, terdapat adanya gugus C-H Stretching pada puncak  $2923.82\text{ cm}^{-1}$ . Pada puncak  $1966.16\text{ cm}^{-1}$  mengidentifikasi adanya gugus C=C *Stretching*. Terdapat pula gugus C=C *Stretching* pada  $1545.63\text{ cm}^{-1}$ ,  $1491.38\text{ cm}^{-1}$ ,  $786.21\text{ cm}^{-1}$ . Pada puncak  $1448.85\text{ cm}^{-1}$  mengidentifikasi adanya gugus C-H Deformasi. Dan pada puncak  $1250.27\text{ cm}^{-1}$ ,  $1116.26\text{ cm}^{-1}$ ,  $1064.96\text{ cm}^{-1}$  mengidentifikasi adanya gugus silikon organik C-O *Stretching*



**Tabel 4.2** Daerah Serapan IR *Unsaturated Polyester Resin*

<i>Daerah Serapan (cm-1)</i>	<i>Ikatan dan Jenis Gugus Fungsi</i>
2923.82	<i>C-H Stretching</i>
1966.16	<i>C=C Stretching</i>
1718.8	<i>C=O Stretching</i>
1577.72	<i>C=O Stretching</i>
1545.63	<i>C=C Stretching</i>
1491.38	<i>C=C Stretching</i>
1448.85	<i>C-H Deformasi</i>
1389.13	<i>O-H Deformasi</i>
1250.27	<i>C-O Stretching</i>
1116.26	<i>C-O Stretching</i>
1064.96	<i>C-O Stretching</i>
740.86	<i>C-H Deformasi Cincin Benzene</i>
698.7	<i>C-H Deformasi</i>

Hasil perbandingan uji FTIR untuk *UPR* murni, dengan komposit *UPR* ditunjukkan oleh Gambar 4.3.



**Gambar 4.3** Pengaruh Penambahan *filler* terhadap Hasil Uji FTIR Komposit

Komposit merupakan suatu campuran dari 2 bahan yaitu matriks sebagai pengikat antar komponen dan reinforcement sebagai penguat atau filler. Dari hasil uji FTIR ini akan dianalisa komposit *Polyester* dengan serat bambu. Analisa ini bertujuan untuk membuktikan bahwa tidak terjadi reaksi kimia antara matriks dengan seratnya





**Tabel 4.3** Daerah Serapan Infra Merah Komposit UPR + Serat Bambu

Daerah Serapan ( $\text{cm}^{-1}$ )	Ikatan & Jenis Gugus Fungsi
3392.08	O-H stretching
2919.61	C-H stretching
1718.35	C=O stretching
1577.68	C=O stretching
1491.25	C=C stretching
1451.04	C-H deformasi
1395.43	O-H deformasi
1254.36	O-H deformasi
1116.71	C-O stretching
1065.65	C-O stretching
741.96	C-H deformasi cincin benzene
696.15	C-H deformasi

Tabel 4.3 menunjukkan daerah serapan komposit UPR+Serat bambu, pada puncak serapan  $3392.08 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan ikatan O-H yang mengalami peregangan. Pada daerah serapan  $2919.61 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan peregangan ikatan C-H. Terdapat ikatan C=C yang mengalami peregangan pada puncak serapan  $1491,25 \text{ cm}^{-1}$ . Daerah serapan antara  $1577.68 - 1718.35 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan ikatan C=O yang mengalami peregangan. Daerah serapan  $1451.04 \text{ cm}^{-1}$ , dan  $696.15 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan ikatan



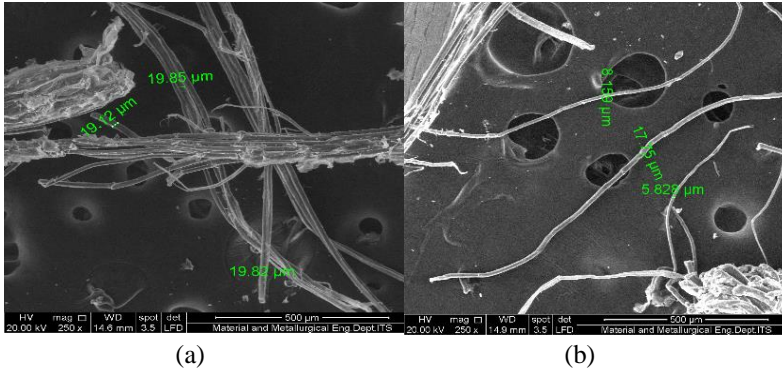
C-H yang mengalami deformasi. Daerah serapan  $1395.43\text{ cm}^{-1}$  dan  $1254.36\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan ikatan O-H yang mengalami deformasi. Daerah serapan  $1116.71\text{ cm}^{-1}$  dan  $1065.65\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan peregangan C-O. Puncak serapan  $741.96\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan deformasi C-H cincin benzene (Mistry, 2009).

Pada Gambar 4.3 terlihat bahwa dari kedua material tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa tidak terjadi reaksi kimia antara *Unsaturated Polyester Resin* dan serat bambu.

#### 4.2 Analisa Morfologi

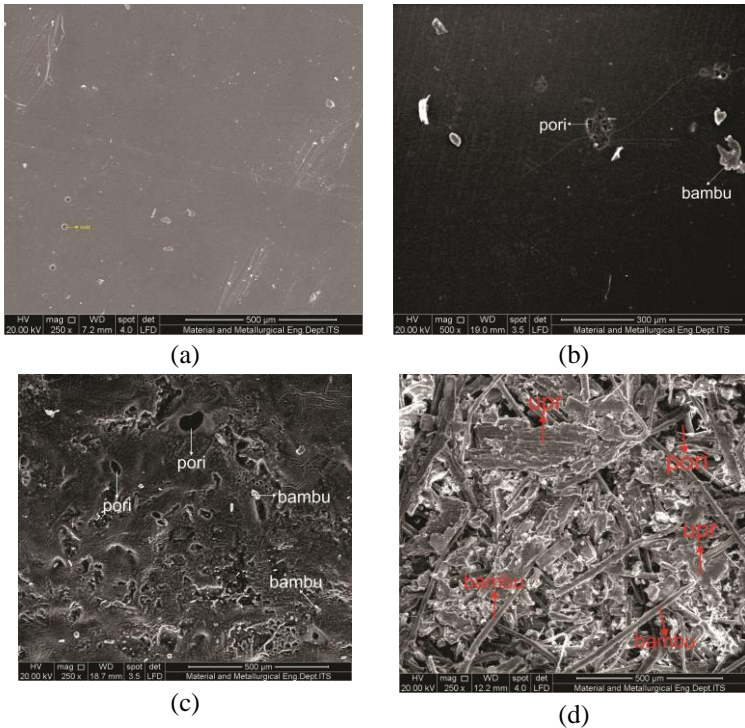
Pengamatan secara morfologi dilakukan dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Gambar 4.4 menunjukkan hasil uji SEM pada serat bambu dengan 2 perlakuan yaitu *washed* dan alkalisasi.

Pada Gambar 4.4 terlihat bahwa ada perbedaan morfologi dari serat dengan masing-masing perlakuan. Gambar 4.4(a) menunjukkan serat bambu yang hanya dicuci dengan aquades yang mana serat berukuran cukup besar dan lebih kasar dengan ukuran diameter sekitar  $19\text{ }\mu\text{m}$ . Morfologi tersebut dikarenakan masih adanya kandungan lapisan lilin, substansi lemak, dan pengotor pada serat (Rout, 2001).



**Gambar 4.4** Hasil SEM Serat Bambu (a) *washed*, (b) alkalisasi

Pada ii(b) adalah serat bambu yang telah dialkalisasi dengan NaOH 5%. Terlihat permukaan yang lebih bersih dari sebelumnya dan kekasarannya juga berkurang. Hal ini karena pada proses alkalisasi, lignin pada permukaan menghilang karena interaksinya dengan sodium sehingga permukaan menjadi lebih halus (Norul Izani, 2012). Hal ini menyebabkan diameter serat berkurang menjadi sekitar 5-17  $\mu\text{m}$ .



**Gambar 4.5** Pengaruh Penambahan Filler terhadap Morfologi Hasil SEM Komposit (a) 100 % UPR, (b) UPR + 5% B, (c) UPR + 10% B, (d) UPR + 15% B

Gambar 4.5(a) menunjukkan hasil SEM dari *Unsaturated Polyester Resin* murni. Terlihat bahwa tidak terlihat adanya pori, tetapi terbentuk sedikit *void* atau udara yang terperangkap. Penambahan filler mengakibatkan terbentuknya pori tidak beraturan dan cenderung mengecil seperti ditunjukkan pada Gambar 4.5(b), 4.5(c) dan 4.5(d). Hal ini dikarenakan penambahan filler menyebabkan pori terdeformasi (Chen, 2012).



### 4.3 Analisis Koefisien Absorpsi Suara

Berdasarkan data yang diperoleh, jika nilai  $\alpha$  semakin mendekati 1 maka sifat material dalam menyerap bunyi akan semakin baik. Kualitas dari bahan peredam suara ditunjukkan dengan nilai  $\alpha$  (koefisien penyerapan material terhadap bunyi), semakin besar nilai  $\alpha$  maka semakin baik digunakan sebagai peredam suara. Nilai  $\alpha$  berkisar dari 0 sampai 1. (Bathara, 2017)

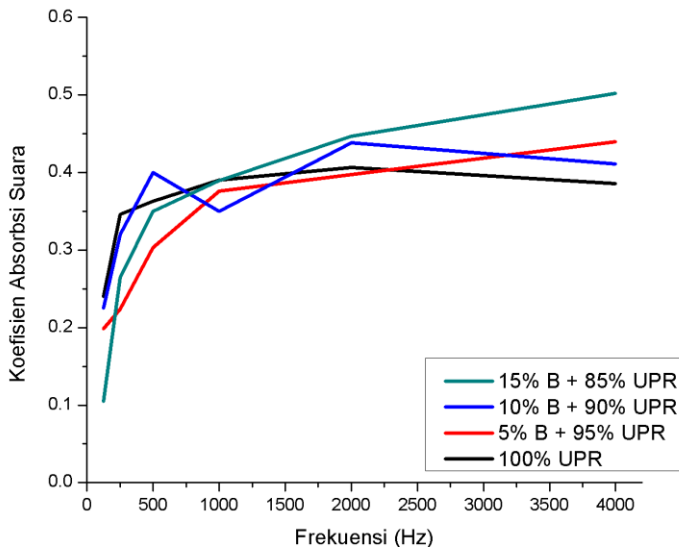
Tabel 4.4 menunjukkan hasil pengujian absorpsi suara pada komposit *Unsaturated Polyester Resin* berpenguat serat bambu betung.

**Tabel 4.4** Hasil pengujian koefisien absorpsi suara material komposit UPR/B

Frekuensi (Hz)	Fraksi Massa (%wt)			
	0	5	10	15
125	0.240	0.198	0.225	0.105
250	0.345	0.224	0.32	0.265
500	0.363	0.303	0.4	0.35
1000	0.390	0.376	0.35	0.39
2000	0.406	0.398	0.439	0.447
4000	0.3858	0.4	0.411	0.502

Tabel 4.4 menunjukkan hasil dari pengujian absorpsi suara. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa nilai koefisien absorpsi suara setiap sampel berbeda seiring dengan perbedaan frekuensi dan fraksi massa serat. Hal ini disebabkan karena perbedaan komposisi dari masing-masing sampel yang menyebabkan perbedaan kerapatan. (Yusuf dan Farid, 2016).

Dari analisa hasil koefisien absorpsi Tabel 4.4. diatas, kemudian diplotkan ke dalam grafik sebagai berikut:



**Gambar 4.6** Grafik hasil Uji *Absorpsi Suara*

Gambar 4.6 menunjukkan grafik koefisien Gambar 4.6 Grafik Hasil Uji Absorpsi Suara absorpsi suara. Untuk komposisi 100%UPR nilai  $\alpha$  mengalami peningkatan seiring meningkatnya frekuensi. Pada frekuensi 4000 Hz nilai  $\alpha$  sebesar 0.3858. Lalu untuk komposisi 5%B-95%UPR nilai  $\alpha$  tertinggi yaitu 0.44 pada frekuensi 4000 Hz. Lalu pada komposisi 10%B-90%UPR nilai  $\alpha$  tertinggi yaitu 0.439 pada frekuensi 2000 Hz. Nilai  $\alpha$  tertinggi terdapat pada 15%B-85%PU dengan nilai 0.502 pada frekuensi 4000 Hz. Semakin naik frekuensi, secara umum menyebabkan semakin naiknya nilai absorpsi suara. Hal ini dibuktikan dengan gambar 4.6.

Nilai koefisien absorpsi suara semuanya berada diatas 0,15 yang merupakan syarat minimal material dikategorikan sebagai material akustik berdasarkan ISO 354 dan ISO 11654.



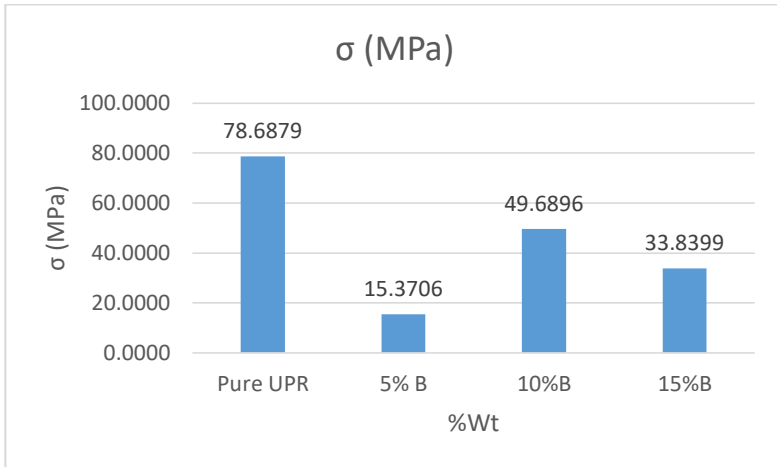
#### 4.4 Analisis Kekuatan Lentur

Komposit serat bambu betung pada penelitian ini digunakan untuk aplikasi bahan penyerap suara pada kendaraan panser anoa 6 x 6 APC. Pada konstruksinya, bahan penyerap suara ini digunakan sebagai box mesin panser anoa 6 x6 APC. Oleh karena itu diperlukan pengujian kekuatan lentur komposit *unsaturated polyester resin* dan serat bambu betung. Uji bending komposit serat dilakukan di laboratorium farmasi Univeritas Airlangga Surabaya. Dari pengujian bending yang telah dilakukan, diperoleh hasil data kekuatan lentur sebagai berikut:

**Tabel 4.5** Data Pengujian Lentur Komposit B-UPR

Material	Kuat lentur (MPa)
Pure UPR	78.6879
5% B	15.3706
10%B	49.6896
15%B	33.8399

Dari analisa hasil kekuatan tekan dan lentur **Tabel 4.5** diatas, kemudian diplotkan ke dalam grafik.



**Gambar 4.7** Grafik kekuatan lentur pada material komposit B-%UPR

Dari Gambar 4.7 diatas dapat diketahui bahwa pada komposit, UPR/10%B mempunyai nilai kekuatan lentur tertinggi dibandingkan dengan penambahan fraksi massa lain yaitu sebesar 49.6896 Mpa. Sedangkan pada spesimen 100%UPR mempunyai nilai kekuatan lentur sebesar 78.6879 Mpa. Lalu pada komposisi UPR/15%B nilai kekuatan lenturnya sebesar 33.8399 Mpa. Berdasarkan hasil pengujian, nilai kekuatan lentur terendah ada pada spesimen komposit UPR/5%B sebesar 15.3706 Mpa.

Menurut Pankaj pandey dkk (2016) faktor pembuatan spesimen komposit, dan distribusi serat bisa menyebabkan nilai kelenturan dari komposit dengan hand lay up menurun. Hal ini disebabkan karena ketika pada proses pembuatan material komposit menggunakan metode hand lay up manual, akan ada kecenderungan terjadi penjenjuran serat pada titik tertentu sehingga menyebabkan distribusi serat diseluruh luas permukaan tidak merata.





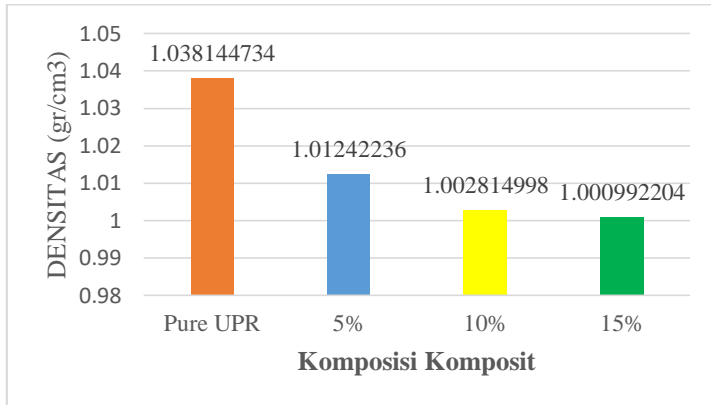
#### 4.5 Uji Densitas

Pengujian densitas ini dilaksanakan untuk mengetahui pengaruh variasi penambahan serat terhadap massa jenis dari komposit. Pengujian densitas ini mengacu pada ASTM D792. Tahapan untuk pengujian densitas ini yaitu dimulai dengan mengukur massa masing-masing sampel komposit dengan cara ditimbang di udara, kemudian dilakukan pengukuran massa sampel komposit ketika tercelup dalam air dengan menggunakan *sinker* berupa tali benang. Setelah didapat nilai massa sampel di udara dan tercelup dalam air, kemudian dilakukan perhitungan untuk mencari densitas masing-masing sampel..

Tabel 4.6 menunjukkan data hasil uji densitas pada komposit UPR/B. Pada sampel UPR tanpa penambahan serat, didapatkan nilai densitas sebesar  $1.038145 \text{ gr/cm}^3$ . Sementara itu, nilai densitas dari komposit dengan penambahan Serat Bambu Betung 5%, 10% dan 15% berturut-turut adalah  $1.012422 \text{ gr/cm}^3$ ,  $1.002815 \text{ gr/cm}^3$ ,  $1.000992 \text{ gr/cm}^3$ . Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa nilai densitas akan semakin naik turun dengan penambahan Serat Bambu Betung.

**Tabel 4.6** Data Hasil Uji Densitas UPR/B

Fraksi Massa Serat Bambu Betung (%)	Densitas ( $\text{gr/cm}^3$ )
0	1.038145
5	1.012422
10	1.002815
15	1.000992



**Gambar 4.8** Pengaruh Penambahan Filler terhadap nilai densitas komposit

Dari Tabel 4.6 dan Gambar 4.8 dapat dilihat bahwa semakin banyak penambahan filler maka massa jenis dari komposit akan semakin menurun. Hal ini dapat dilihat pada % porositas masing-masing spesimen yang ditunjukkan pada Tabel 4.7

**Tabel 4.7** Nilai % Porositas

Spesimen	% Porositas
Pure UPR	9.4
5% B	13.257
10% B	19.477
15% B	23.069

Semakin menurunnya nilai densitas maka % porositas justru akan semakin besar (Zulfia, 2006). % porositas meningkat seiring dengan penambahan filler seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 4.7



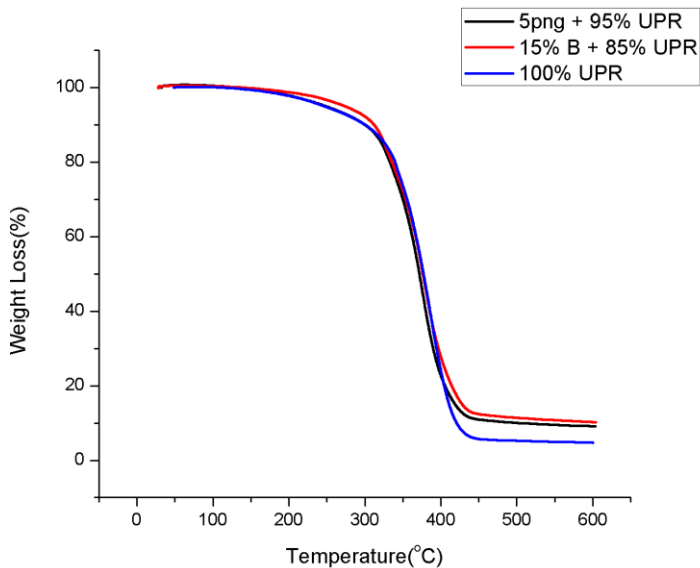
#### 4.6 Analisis Hasil Pengujian TGA

Pengujian TGA bertujuan untuk menganalisa perubahan secara fisik dan kimia pada material dengan cara memaksa terjadinya reaksi dengan penggunaan panas. Pengujian dilakukan di Gedung 224 Pusat teknologi Material, Lipi Serpong.

**Tabel 4.8** Temperature awal dekomposisi ( $T_5$ ) dan Temperature maksimum hilangnya massa ( $T_{Max}$ )

Specimen	$T_5$ (°C)	$T_{max}$ (°C)
100% UPR	247.13	374.41
5% B + 95% UPR	249.0679	377.5684
15% B + 85% UPR	274.0504	376.2244

Pada Tabel 4.8 dapat dilihat bahwa penambahan serat berpengaruh terhadap temperatur awal dekomposisi. Penambahan serat meningkatkan temperature  $T_5$ . Pada sampel 100% UPR, nilai  $T_5$  berada pada temperature 247.13 (°C) sedangkan pada sampel 5% B + 95% UPR, nilai  $T_5$  berada pada temperature 249.07 (°C) dan nilai  $T_5$  paling tinggi didapat pada sampel 15% B + 85% UPR dengan nilai  $T_5$  berada pada temperature 274.05 (°C).



**Gambar 4.9** Grafik Hasil Pengujian TGA

Dari Gambar 4.9, dapat dilihat pada spesimen 100% UPR pengurangan massa secara drastis dimulai pada temperatur 300°C, pada spesimen 5% B + 95% UPR, pengurangan massa secara drastis dimulai pada temperature 305 °C dan pada spesimen 15% B + 85% UPR pengurangan massa secara drastic dimulai pada temperature 308 °C. Perbedaan komposisi serat juga berpengaruh terhadap ketahan komposit terhadap perubahan temperature. Komposit dengan 15% B + 85% UPR memiliki ketahanan temperature yang lebih baik dibanding 100% UPR dan 5%B +95% UPR.

Penambahan filler pada komposit UPR + serat bambu memberikan pengaruh yang signifikan terhadap temperature dekomposisi awal atau *initial decomposition temperature* (IDT)



(Ibrahim, 2012). Nilai IDT ditentukan pada saat massa spesimen berkurang sebanyak 5%

Dengan mengetahui penyusutan massa terhadap temperature, dapat diketahui pula kemampuan UPR berpenguat serat bambu. Material ini akan bekerja secara optimal apabila diaplikasikan dibawah temperature 300 °c.

Menurut Donaldson dalam *engine horsepower & exhaust flow guide* menjelaskan bahwa temperature kerja mesin diesel mercedez benz type OM403 dengan 320 hp pada 2500 rpm adalah 482°C. Hal ini membuktikan bahwa komposit *polyester* berpenguat serat bambu betung perlu dikembangkan kembali untuk bisa diaplikasikan pada box mesin panser anoa 6 x 6 APC.

#### 4.7 Analisa Visual Hasil Prototype

Analisa hasil pembuatan prototype bertujuan untuk menganalisa secara visual cacat yang terjadi hasil dari pembuatan prototype komposit. Pada pembuatan prototype menggunakan serat bambu dan fiber mat dengan matriks *unsaturated polyester resin*.



**Gambar 4.10** Hasil pembuatan prototype



**Gambar 4.11** Cacat yang terjadi selama pembuatan. (a) *void*, (b) Serat yang menonjol keluar (*fiber out*)

Pada Gambar 4.10 terlihat hasil pembuatan prototype box mesin untuk panser anoa 6 x 6 APC. Pada awalnya pembuatan box diawali dengan membuat 1 bagian per bagian. Kemudian setelah semua bagian dibuat, disatukan menjadi bentuk box dengan ukuran 110 x 55 x 55 cm. pada Gambar 4.11(a) terbentuk *void* yang disebabkan karena udara yang terjebak selama proses pengerjaan. Hal ini disebabkan karena proses pengerollan yang tidak merata sehingga udara tidak keluar dari cetakan. Pada Gambar 4.11(b) serat menonjol keluar dari cetakan yang disebabkan pada saat pengerollan, serat menempel pada alat roll, hal ini menyebabkan saat roll diangkat maka serat juga ikut terangkat.



(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil dan analisis data yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan:

1. Nilai koefisien absorpsi suara terbaik ada pada komposit 15% serat bambu + 85% UPR dengan nilai absorpsi sebesar 0.502 pada frekuensi 4000 Hz
2. Dengan adanya serat bambu pada komposit polyester akan mengakibatkan terbentuknya pori. Semakin bertambahnya fraksi massa dari serat bambu menyebabkan jumlah pori yang terbentuk semakin banyak dengan persen porositas komposit terbesar ada pada 15% B + 85% UPR sebesar 23.069%.
3. Telah berhasil dibuat prototype box mesin panser anoa 6 x 6 APC. Di dalam prototype terdapat cacat berupa udara yang terjebak dan serat yang menonjol keluar (*fiber out*).

#### **5.2 Saran**

Saran dari penelitian ini adalah :

1. Mengembangkan bahan yang mempunyai ketahanan termal diatas temperatur 450°C
2. Melakukan proses *bleaching* untuk mendapatkan hasil alkalisasi yang lebih baik





*(Halaman ini Sengaja Dikosongkan)*

## DAFTAR PUSTAKA

- ASTM-E1050-98. *Standard test method for impedance and absorbtion of acoustical material using a tube, two microphones, and digital frequency analysis system.* ASTM Subcommittee E33.01
- ASTM E2809, *Standard Guide for Using Scanning Electron Microscopy/X Ray Spectrometry in Forensic Paint Examinations*, Annual book of ASTM Standards, Vol.08.01, American Society for Testing and Materials (ASTM), Philadelphia, USA.
- Azwar. 2009. "Study Perilaku Mekanik Komposit Berbasis Polyester Yang Diperkuat dengan Partikel Serbuk Kayu Keras dan Lunak" ISSN : 1693-248X. Jurnal Reaksi (Journal of Science and Technology). Vol. 7 No. 16
- Callister, William D, Jr. 2008. ***Materials Science and Engineering : An Introduction 8<sup>th</sup> Edition***. New York : John Wiley & Sons, Inc.
- Doelle, Leslie L. 1993. *Akustik Bangunan*. Jakarta : Erlangga
- Farid, M., T. Heryanto. 2013. *Correlation fo normal Incidence Sound Absorption Coefficient (NAC) and Randon Incidence Sound Absorption Coefficient (RAC) of Polyester/Ramie Fibre Composite Material*. Advance Material Research. Vol.1112, pp. 329-332
- Faruk, Omar, Andrzej K. Bledzki, Hans – peter Fink, Mohini Sain. 2012. "Biocomposites Reinforced With Natural Fibers". Progress in Polymer Science. No. 37, Hal. 1552-1596.
- Gibson, Ronald F. 1994. " Principle of Composite Material Mechanics". Mc Graw Hill. Singapore.

- Hemond Jr, Conrad J. 1983. Engineering Acoustics and Noise Control. Prentice-Hall Inc, Englewood Cliffs, New Jersey
- Howard M David, dan Angus S A Jamie. 2009. **Acoustic and Psychoacoustic 4<sup>th</sup> Edition**. Oxford United Kongdom : Focal press is an imprint of Elsevier.
- Ibrahim et. Al. 2012. MECHANICAL AND THERMAL PROPERTIES OF COMPOSITES FROM UNSATURATED POLYESTER FILLED WITH OIL PALM ASH. Journal of Mechanical Engineering and Sciences (JMES)
- Janssen, JJA. (1987). *The Mechanical Properties of Bamboo* : 250-256. In Rao, A.N., Dhanarajan, and Sastry, C.B., Recent Research on Bamboos, The Chinese Academy of Forest, People's Republic of China, and IDRC, Canada
- Mahajan R Sharad , dan Bapad Vilas Prasad. 2013. "Specialized Noise Control Materials in Automotive Industry". **International Journal of Emerging Science and Engineering**. 2 : 35-41
- Mallick K P. 2007. **Fiber Reinforced Composite Materials, Manufacture, and Design**. Michigan : CRC Press Taylor and Francis Group
- Mistry,BD.2009. A Handbook of Spectroscopic Data CHEMISTRY. Oxford Book Company 267, 10-B-Scheme. Opp. Narayan Niwas.
- Moh. Farid, H. Ardhyanta, V. M. Pratiwi, S.P> Wulandari. 2015. "Correlation between frequency and Sound Absorption Coefficient of Polymer Reinforced Natural Fibre. Advanced Material Research, Vol. 1112, pp. 329-332

- Owens N John. 2014. “Design, Fabrication, and Testing of a Composite Side Door for a Mid-Size SUV”. **GM Research and Development Material and Processes lab** : 1-24
- Rosyadi, Ahmad Adib. 2016. “Pengaruh Kadar Partikel Aditif Montmorillonite Terhadap Sifat Mekanik Siklus Termal Komposit Polyester Serat Kayu Kopi”. ISSN : 2528-6382. Volume 01, Nomor 01
- Sulistijono. 2012. **Mekanika Material Komposit**. Surabaya : ITS Press.
- Varikh P D , Chen Y , dan Sun L. 2006. “Reducing Automotive Interior Noise with Natural Fiber non Woven Floor Covering System”. **Textile Research Journal**. 76 : 813-820
- Widya dan Euis. 2008. “Analysis of Fiber Morphology and Physical-Chemical Properties of Six Species of Bamboo as Raw Material for Pulp and Paper”. Corresponding Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan 1(2): 67-72 (2008)
- Zulhanif. “Investigasi Sifat Mekanik Material Komposit Yang Terbuat Dari Pemanfaatan Limbah Batubara Dengan Matrik Resin Poliester Tak Jenuh”. Jurnal Mechanical, Volume 1, Nomor 1

*(Halaman ini Sengaja Dikosongkan)*

## LAMPIRAN A

### PERHITUNGAN MASSA SPESIMEN UJI

Hukum Pencampuran:

$$V_f + V_m + V_v = 1$$

Jika  $V_f$  = fraksi Massa Fibre (5%, 10%, 15% Serat Bambu)

$V_m$  = Fraksi Massa Matriks

$V_k$  = Fraksi Massa katalis (1%)

Maka,

$$V_f + V_m + V_k = 1$$

$$(0.05/0.10/0.15) + (0.94/0.89/0.84) + (0.01) = 1$$

#### 1. Massa Spesimen Uji Absorpsi Suara

Massa Total = 94 gram

##### a. Fraksi Massa Serat 5 %

- Massa Serat :  $0.05 \times 94 \text{ gram} = 4.7 \text{ gram}$
- Massa MEKPO:  $0.01 \times 94 \text{ gram} = 0.94 \text{ gram}$
- Massa *UPR*:  $0.94 \times 94 \text{ gram} = 88.36 \text{ gram}$

##### b. Fraksi Massa Serat 10 %

- Massa Serat:  $0.10 \times 94 \text{ gram} = 9.4 \text{ gram}$
- Massa MEKPO:  $0.01 \times 94 \text{ gram} = 0.94 \text{ gram}$
- Massa *UPR*:  $0.89 \times 94 \text{ gram} = 83.66 \text{ gram}$

##### c. Fraksi Massa Serat 15 %

- Massa Serat:  $0.15 \times 94 \text{ gram} = 14.1 \text{ gram}$
- Massa MEKPO:  $0.01 \times 94 \text{ gram} = 0.94 \text{ gram}$
- Massa *UPR*:  $0.84 \times 94 \text{ gram} = 78.96 \text{ gram}$

#### 2. Massa Spesimen Uji *Flexural*

Massa Total = 6.75 gram

##### a. Fraksi Massa Serat 5 %

- Massa Serat :  $0.05 \times 6.75 \text{ gram} = 0.3 \text{ gram}$
- Massa MEKPO:  $0.01 \times 6.75 \text{ gram} = 0.067 \text{ gram}$
- Massa *UPR*:  $0.94 \times 6.75 \text{ gram} = 6.34 \text{ gram}$

b. Fraksi Massa Serat 10 %

- Massa Serat:  $0.10 \times 6.75 \text{ gram} = 2.1 \text{ gram}$
- Massa MEKPO:  $0.01 \times 6.75 \text{ gram} = 0.067 \text{ gram}$
- Massa *UPR*:  $0.89 \times 6.75 \text{ gram} = 6.00 \text{ gram}$

c. Fraksi Massa Serat 15 %

- Massa Serat:  $0.15 \times 6.75 \text{ gram} =$   
gram
- Massa MEKPO:  $0.01 \times 6.75 \text{ gram} = 0.067 \text{ gram}$
- Massa *UPR*:  $0.84 \times 6.75 \text{ gram} = 5.67 \text{ gram}$

## LAMPIRAN B

### PERHITUNGAN MASSA JENIS KOMPOSIT

Mencari Massa Jenis Spesimen:

$$\frac{\text{massa spesimen dalam udara (gr)}}{\text{massa spesimen dalam air (gr)}} \times \text{massa jenis air (1 gr/cm}^3\text{)}$$


Densitas	Massa Spesimen (g)	Massa spesimen dalam air (ml)	Densitas (gr/cm <sup>3</sup> )
Pure UPR	1.0587	1.0198	1.038144734
5%	1.304	1.288	1.01242236
10%	0.8906	0.8881	1.002814998
15%	0.7062	0.7055	1.000992204



# LAMPIRAN C

## HASIL PENGUJIAN ABSORPSI SUARA

### 1. 100% UPR



**LABORATORIUM VIBRASI DAN AKUSTIK TEKNIK FISIKA**  
Gedung E-101, Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri  
Kampus ITB Sukolilo-Surabaya 60111  
Telp. (031) 5947705, 5954254 Fax. 031-5933829 PABX : 1201  
<http://www.vibraticap.fis.itb.ac.id>  
email : akustictech@gmail.com

Surabaya, 10 Juni 2017

No : 207/PRO/VIBRATIC/VI/2017  
Hal : Hasil Pengukuran Alpha Material

SURAT KETERANGAN

Dari pengukuran Alpha Material pada spesimen uji dengan sampel spesimen 100% UPR dari mahasiswa Teknik Material dan Metalurgi - ITS yang dilakukan pada Jumat, 9 Juni 2017 pukul 09.00 WIB dengan ukuran diameter = 9.8 cm dan ketebalan = 1 cm, didapatkan hasil pengukuran sebagai berikut:


**Tabel Alpha Material Spesimen Uji**

Frekuensi (Hz)	Alfa (α)
125	0.3403
250	0.3458
500	0.3632
1000	0.3904
2000	0.4663
4000	0.3858

Kesimpulan

Pengujian alpha material pada spesimen uji didapatkan hasil nilai alpha seperti pada tabel diatas. Dengan nilai alpha tersebut dapat diartikan bahwa spesimen memiliki kecenderungan semakin tinggi frekuensi bunyi yang diterima maka spesimen semakin menyerap dan atau meredam bunyi.

Mengetahui,  
Kepala Laboratorium Vibrasi dan Akustik



**Ir. Wiratno Arno Amoro, M.Sc**  
NIP. 1960022918701 1 001

### 2. UPR + 5% B



## LABORATORIUM VIBRASI DAN AKUSTIK TEKNIK FISIKA

Gedung E-101, Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri  
Kampus ITS Sukolilo Surabaya 60111  
Telp. (031) 5947188, 599425-4 Fax. 03-5923226 FAX : 1201  
<http://www.vibratic.upiits.ac.id>  
email : [akosistech@gmail.com](mailto:akosistech@gmail.com)

Surabaya, 30 Mei 2017

No : 154/PRO/VIBRATIC/V/2017  
Hal : Hasil Pengukuran Alpha Material

### SURAT KETERANGAN

Dari pengukuran Alpha Material pada spesimen uji dengan sampel spesimen 95% UPR + 5% Bambu dari mahasiswa Teknik Material dan Metalurgi - ITS yang dilakukan pada Jumat, 26 Mei 2017 pukul 00.00 WIB dengan ukuran diameter = 9.8 cm dan ketebalan = 1 cm, didapatkan hasil pengukuran sebagai berikut:

Tabel Alpha Material Spesimen Uji

Frekuensi (Hz)	Alfa (g)
125	0.1981
250	0.2238
500	0.3031
1000	0.3762
2000	0.3976
4000	0.4357

### Kesimpulan

Pengujian alpha material pada spesimen uji didapatkan hasil nilai alpha seperti pada tabel diatas. Dengan nilai alpha tersebut dapat diartikan bahwa spesimen memiliki kecenderungan semakin tinggi frekuensi bunyi yang diterima maka spesimen semakin menyerap dan atau meneruskan bunyi.

Mengetahui,  
Kepala Laboratorium Vibrasi dan Akustik

  
Ir. Wirtatno Argo Asmoro, M.Sc  
NIP. 1960022918701 1 001

### 3. UPR + 10% B



#### LABORATORIUM VIBRASI DAN AKUSTIK TEKNIK FISIKA

Gedung E-101, Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri  
Kampus ITS Sukolilo-Surabaya 60115  
Telp. (031) 5947108, 598425-4 Fax. 03-5923828 FAX : 1201  
<http://www.vibrasit-eq.its.ac.id>  
email : akusnetich@gmail.com

Surabaya, 30 mei 2017

No : 168/PRO/VIBRATIC/V/2017

Hai : Hasil Pengukuran Alpha Material

#### SURAT KETERANGAN

Dari pengukuran Alpha Material pada spesimen uji dengan sampel spesimen 10% dari mahasiswa Teknik Material dan Metalurgi - ITS yang dilakukan pada Jumat, 25 Mei 2017 pukul 00.00 WIB dengan ukuran diameter = 9.8 cm dan ketebalan = 1 cm, didapatkan hasil pengukuran sebagai berikut:

Tabel Alpha Material Spesimen Uji

Frekuensi (Hz)	Alfa ( $\alpha$ )
125	0.2248
250	0.3301
500	0.3998
1000	0.3497
2000	0.4386
4000	0.4112

#### Kesimpulan

Pengujian alpha material pada spesimen uji didapatkan hasil nilai alpha seperti pada tabel diatas. Dengan nilai alpha tersebut dapat diartikan bahwa spesimen memiliki kecenderungan semakin tinggi frekuensi bunyi yang diterima maka spesimen semakin menyerap atau meneruskan bunyi.

Mengetahui,  
Kepala Laboratorium Vibrasi dan Akustik

  
Ir. Wintara Arta Asmoro, M.Sc  
NIP. 1969022918701 1 001

4. UPR + 15% B



## LABORATORIUM VIBRASI DAN AKUSTIK TEKNIK FISIKA

Gedung E-101, Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri  
Kampus ITS Sukolilo Surabaya 60135  
Telp. (031) 5947188, 5994325-4 Fax. 03-5923626 FAX 1201  
<http://www.vibrasi-ap.tea.ac.id>  
email : akustek@its.ac.id

Surabaya, 2 Juni 2017

No : 176/PRO/VIBRASI/VI/2017

Hal : Hasil Pengukuran Alpha Material

### SURAT KETERANGAN

Dari pengukuran Alpha Material pada spesimen uji dengan sampel spesimen 15 % SB + 85 % UPR dari mahasiswa Teknik Material dan Metalsurgi - ITS yang dilakukan pada Jumat, 1 Juni 2017 pukul 00.00 WIB dengan ukuran diameter = 9.8 cm dan ketebalan = 1 cm, didapatkan hasil pengukuran sebagai berikut:

Tabel Alpha Material Spesimen Uji

Frekuensi (Hz)	Alfa ( $\alpha$ )
125	0.105
250	0.265
500	0.350
1000	0.390
2000	0.447
4000	0.502

### Kesimpulan

Pengujian alpha material pada spesimen uji didapatkan hasil nilai alpha seperti pada tabel diatas. Dengan nilai alpha tersebut dapat diartikan bahwa spesimen memiliki kecenderungan semakin tinggi frekuensi bunyi yang diterima maka spesimen semakin menyerap dan atau meneruskan bunyi.

Mengetahui,  
Kepala Laboratorium Vibrasi dan Akustik

  
Widiyanto Agus Asmoro, M.Sc  
NIP. 1960022918701 1 001

***(Halaman ini Sengaja dikosongkan)***

## **BIODATA PENULIS**



Penulis bernama lengkap Aji Pambudi lahir di kota Jakarta pada tanggal 24 Maret 1995. Ayah penulis bernama Rutin Sugiyo dan ibu bernama Nurbaity. Penulis adalah putra kedua dari tiga bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal di SD Binong Permai Tangerang, SMP Negeri 1 Curug Tangerang, lalu SMA Negeri 8 Tangerang . Penulis melanjutkan pendidikan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Departemen Teknik Material FTI. Semasa kuliah penulis aktif di berbagai kegiatan intra dan ekstra kampus antara lain pernah menjadi staff Departemen Kesejahteraan Mahasiswa HMMT FTI-ITS 2014/2015, wakil kepala Departemen Kesejahteraan Mahasiswa HMMT FTI-ITS 2015/2016. Selain itu penulis juga memiliki pengalaman kerja praktisi di PT. ASSAB Steel. Sebagai tugas akhir, penulis mengambil topik mengenai Material Inovatif (Komposit Kayu).